

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРО- УСТАНОВОК

Допущено Главным управлением высшего и среднего сельскохозяйственного образования Министерства сельского хозяйства СССР в качестве учебного пособия для средних сельскохозяйственных учебных заведений по специальности «Электрификация сельского хозяйства».



Авторский коллектив: доктор технических наук А. А. Пястолов, кандидаты технических наук А. Л. Вахрамеев, С. А. Ермолаев, А. А. Большаков, Р. Л. Филиппов и инженер В. М. Булаев.

Рецензенты — инженеры А. И. Балашов и Ю. А. Григорьев.

Редактор — инженер В. М. Никитина.

Эксплуатация и ремонт электроустановок. М., Э 41 «Колос», 1976.

304 с. с ил. (Учебники и учеб. пособия для с.-х. техникумов).

На обороте тит. л. авт.: А. А. Пястолов, А. Л. Вахрамеев, С. А. Ермолаев [и др.].

Настоящее учебное пособие соответствует программе одноименного специального курса.

В нем изложены сведения об эксплуатации и ремонте всех видов электрооборудования сельских электроустановок: электрических сетей, распределительных устройств, трансформаторов, электрических машин, пуско-защитной аппаратуры, средств автоматики и автотракторного электрооборудования.

Поскольку в книге приведены лабораторные работы и контрольные вопросы для самопроверки, то ею могут пользоваться также учащиеся-заочники.

40205—190
— 257-76
035(01)-76

631.3

ВВЕДЕНИЕ

Электрификация в современных условиях — основа технического прогресса всех отраслей народного хозяйства, и ей принадлежит ведущая роль в развитии производительных сил общества. Эту мысль неоднократно подчеркивал В. И. Ленин. В своих трудах он глубоко научно обосновал огромную роль и значение электрификации в создании материально-технической базы социалистического и коммунистического общества. Выступая в июле 1921 г. на заседании III Конгресса Коминтерна, он говорил, что единственной возможной экономической основой социализма является крупная машинная индустрия, а крупная машинная индустрия означает не что иное, как электрификацию всей страны.

В декабре 1921 г. по декрету Совнаркома сельская электрификация официально была признана основной частью всей электрификации страны и была включена в план развития народного хозяйства.

В своей работе «Аграрный вопрос и «критики Маркса» В. И. Ленин писал: «Электри-

ческая энергия дешевле паровой силы, она отличается большей делимостью, ее гораздо легче передавать на очень большие расстояния, ход машин при этом правильнее и спокойнее, — она гораздо удобнее поэтому применяется и к молотбе, и к паханию, и к доению, и к резке корма скоту и проч.»*.

Коммунистическая партия и Советское правительство последовательно и целеустремленно претворяют в жизнь заветы В. И. Ленина об электрификации сельского хозяйства.

Особенно возросли темпы электрификации сельскохозяйственного производства в годы послевоенных пятилеток. В сентябре 1954 г. Совет Министров СССР принял постановление о проведении широких мероприятий по электрификации колхозов, совхозов и МТС, присоединении их к государственным энергосистемам, промышленным и коммунальным электростанциям, а также отменил ограничение по строительству на селе тепловых электростанций, работающих на жидком топливе. В том же году МСХ СССР разработало «Принципиальную схему снабжения электроэнергией сельского хозяйства СССР на 10—15 лет».

Важным мероприятием в развитии сельской энергетики явилось принятие в январе 1963 г. Советом Министров СССР постановления «О мерах по ускорению электрификации сельского хозяйства».

В настоящее время основное внимание уделяется электрификации производственных процессов. Особое значение партия и правительство по-прежнему придают коренному

* Ленин В. И. Соч., т. 5, с. 138.

развитию энергетической базы, которая является основой всей социалистической экономики. Продолжают успешно воплощаться в жизнь ленинские идеи электрификации всей страны. В настоящее время в нашей стране электрифицированы практически почти все колхозы и совхозы; годовое потребление электроэнергии сельским хозяйством составляет около 75 млрд. кВт·ч.

Сельское хозяйство интенсивно переходит на промышленную основу. Уже действуют и сооружаются новые птицефабрики с полной автоматизацией всех производственных процессов, свинооткормочные комплексы с содержанием до 108 тысяч голов свиней, комплексы крупного рогатого скота на 600, 1200 и 2000 голов коров, эксплуатируются зерносушильные и очистительные комплексы производительностью 10, 20, 40 и проектируются на 100 тонн зерна в час, все более расширяется сеть автоматизированных тепличных хозяйств площадью до 10 и более гектаров, работают высокопроизводительные комбикормовые цехи и заводы и многие другие объекты.

В настоящее время в сельском хозяйстве нашей страны используется около 9 млн. электродвигателей, во многих хозяйствах количество электродвигателей исчисляется несколькими сотнями и даже превышает 1000 штук.

Суммарная мощность оборудования, установленного на упомянутых выше крупных животноводческих комплексах и птицефабриках, колеблется от 600 до 12 000 кВт и более. Естественно, требуется надежная и бесперебойная работа всего электрооборудования, работаю-

щего в тяжелых специфических условиях сельскохозяйственного производства. Для этого необходимо прежде всего улучшить уровень технической эксплуатации сельскохозяйственных электроустановок. Решение всех проблем, связанных с вопросами сельской электрификации, требует серьезных инженерных разработок и научного обоснования.

Задача курса — вооружить будущих специалистов социалистического сельского хозяйства знаниями и практическими навыками в вопросах эксплуатации и ремонта сельских электроустановок.

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для того чтобы обеспечить нормальную работу воздушных линий электропередач, необходимо своевременно проводить соответствующие работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования. Задачи эксплуатации могут быть решены при выполнении следующих условий:

- 1) соблюдении допустимых режимов работы ВЛ по токам нагрузки;
- 2) постоянном наблюдении за ВЛ (осмотры линий);
- 3) проведении измерений и профилактических испытаний;
- 4) проведении планово-предупредительных ремонтов;
- 5) ведении технической документации;
- 6) тщательном расследовании причин аварий и разработке мероприятий по их устранению.

На ВЛ напряжением до 1000 В применяются деревянные опоры из антисептированной древесины, деревянные на железобетонных или деревянных (антисептированных) приставках и железобетонные. Опоры рассчитывают по предельным механическим нагрузкам, возникающим в нормальных режимах работы ВЛ. Расчетные сочетания механических нагрузок определяют в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП).

В местах, где есть опасность наезда транспорта на опоры, их защищают отбойными тумбами. На каждой

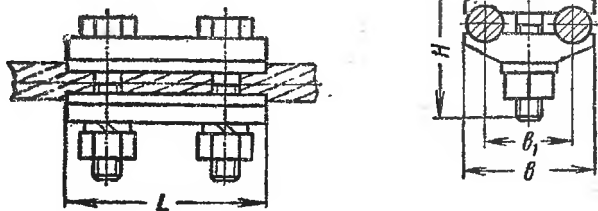


Рис. 1. Болтовой и плащечный зажим для алюминиевых и сталеалюминиевых проводов.

опоре на высоте 2,5—3,0 м от земли пишут порядковый номер и год ее установки. Расположение проводов на опоре не зависит от района климатических условий. Нулевой провод, как правило, располагают ниже фазных проводов. Провода наружного освещения прокладывают совместно с проводами ВЛ, но располагают под нулевым проводом.

Расстояние между проводами устанавливают в зависимости от района гололедности и длины пролета. Так, на ВЛ в I, II и III районах гололедности вертикальное расстояние между проводами на опорах должно быть не менее 40 см, а горизонтальное при пролетах более 30 м — не менее 30 см.

Горизонтальное расстояние между проводами при спусках на опорах должно быть не менее 15 см, а расстояние от провода до элементов опоры — не менее 5 см. Допускается совместно подвешивать на опорах провода сети напряжением 380/220 В с проводами радиотрансляционной сети. При этом провода ВЛ располагают над проводами радиотрансляции и расстояние от нижнего провода ВЛ до верхнего провода радиотрансляции должно составлять не менее 1,5 м, а в пролете — не менее 1,0 м. В пролете допускается пересечение проводов ВЛ с проводами связи. Провода ВЛ должны быть расположены выше и иметь двойное крепление.

При наибольшей стреле провеса расстояние от проводов до поверхности земли в проезжей части улиц и дорог должно быть не менее 6 м. На ответвлениях к вводам в здания расстояние от проводов до тротуара и пешеходных дорожек может быть уменьшено до 3,5 м.

Если невозможно соблюсти указанные расстояния, у здания устанавливают дополнительную опору.

Не допускается тянуть провода над зданиями, за исключением спусков к вводам. Наименьшие допустимые расстояния по горизонтали и вертикали от ВЛ до ближайших сооружений нормируются правилами устройства электроустановок (ПУЭ).

При прохождении ВЛ по лесным массивам и зеленым насаждениям просеку вырубать необязательно. При этом вертикальные и горизонтальные расстояния от проводов при наибольшей их стреле провеса или наибольшем отклонении до деревьев, кустов и прочей растительности должны быть не менее нормируемых ПУЭ.

Провода. Для ВЛ применяются главным образом алюминиевые провода. При небольших электрических нагрузках находят применение стальные одно- и многопроволочные провода. По условию механической прочности в соответствии с правилами устройства электроустановок (ПУЭ) могут применяться алюминиевые провода сечением не менее 16 мм^2 , сталеалюминиевые сечением не менее 10 мм^2 и оцинкованные стальные однопроволочные провода диаметром 4—5 мм. Сечение стальных многопроволочных проводов должно быть не менее 25 мм^2 . На ответвлениях к вводам разрешается применять оцинкованные провода марки ПСОЗ и изолированные провода АВТ1, АВТ2 и АПР.

Соединение проводов. Однопроволочные провода соединяют скруткой с последующей пайкой. Многопроволочные провода в пролете следует соединять при помощи специальных унифицированных скручиваемых овальных соединителей или болтовых плашечных зажимов типа ПАБ-1-1 и ПАБ-2-1 (рис. 1). Провода из разных материалов или разных сечений можно соединять только на опорах при помощи переходных зажимов. Эти соединения не должны испытывать механических усилий.

На ответвлениях провода можно присоединять к магистральной линии бандажной вязкой, прессуемыми зажимами ОАС или скруткой. Чтобы контакт был надежный, бандажную вязку подвергают пропайке.

Провода марок АС10—АС95 имеют однопроволочный стальной сердечник. Из-за значительной жесткости стального сердечника соединение этих проводов овальным соединителем с обжатием получается недостаточно

прочным. Поэтому провода марок АС10—АС185 и А16—А95 соединяют при помощи скручиваемых овальных соединителей типа СОАС-х-2А, где под х понимается сечение провода: 10, 16 мм² и т. д. Монтаж соединителей выполняют при помощи приспособлений МИ-189А (для проводов сечением от 10 до 35 мм²) и МИ-230А (для проводов сечением от 50 до 185 мм²).

Непосредственно перед монтажом овальные соединители подготавливают:

- 1) внутреннюю и наружную поверхность соединителя очищают от грязи тряпкой, смоченной в бензине;
- 2) стальным ершом под слоем защитной смазки ЗЭС или технического вазелина зачищают внутреннюю поверхность до появления металлического блеска.

Концы соединительных проводов, равные полуторной длине соединителя, тщательно очищают от грязи. Подготовку проводов, соединителей и само соединение проводов нужно выполнять достаточно быстро.

Слой окиси удаляют стальной щеткой под защитной смазкой не только с проволоки верхнего повива, но и с последующих проволок. Зачистку продолжают до появления металлического блеска, после чего излишки смазки и металлические опилки удаляют с поверхности проволоки чистой сухой тряпкой, а сами проволоки скру-

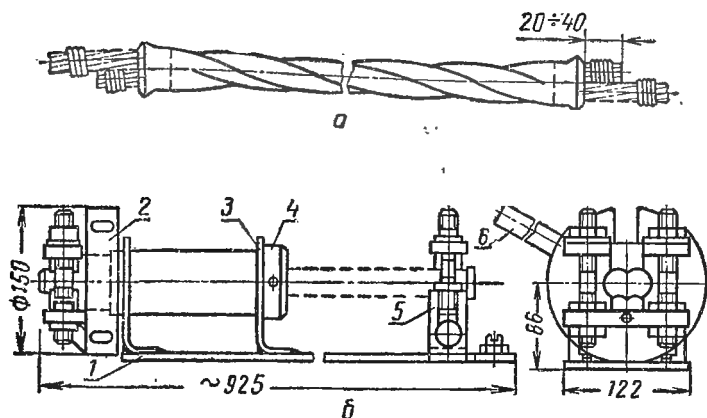


Рис. 2. Соединение проводов методом скрутки:

а — выполненное соединение; б — приспособление для скручивания соединителя; 1 — корпус; 2 — передняя головка; 3 — движок; 4 — упор; 5 — задняя головка; 6 — рычаг.

чивают в повивы. Дальнейший монтаж выполняют при помощи соединителя (рис. 2).

Для повышения качества и надежности присоединения ответвлений, выполненных стальными проводами ПСОЗ и ПСО4, к магистралям, выполненным алюминиевыми проводами А16—А50 или биметаллическими БСА10—БСА25, используют прессуемые зажимы типа ОАС-1 (рис. 3). Вводы в здания из изолированных алюминиевых проводов сечением 2,5—10 мм² присоединяют к ответвлениям из стальных проводов ПСОЗ или ПСО4 при помощи аналогичных зажимов типа ОАС-2.

Опоры. Средний срок службы опор из непропитанной древесины 4—5 лет (сосна), из пропитанной 12—20 лет. Опоры изготавливаются из бревен не ниже третьего сорта. Минимально допустимый диаметр в верхнем отрубе 14, а для вспомогательных элементов опор 12 см. Стойку с приставкой соединяют болтами, хомутами или проволочными бандажами из стальной оцинкованной проволоки диаметром 4 мм (12 витков) или неоцинкованной 5—6 мм (8 витков), защищенной стойким антикоррозийным покрытием. Соединение стойки с подкосами и деревянных приставок с ригелями выполняют при помощи болтов. Железобетонные приставки с ригелями соединяют при помощи шпилек.

Железобетонные опоры не подвергаются загниванию и коррозии. Эксплуатация их значительно проще. По способу уплотнения бетона опоры делятся на вибрированные и центрифугированные, по состоянию арматуры — на опоры с ненапряженной, с частично напряженной и полностью напряженной арматурой.

Как и деревянные, так и железобетонные опоры изготавливают типовыми, рассчитанными на подвеску пяти проводов сечением до 50 мм² и четырех проводов радиотрансляции. Выполняют их, как правило, одностоечными. Все типы опор в обычных грунтах закрепляют без специальных фундаментов.

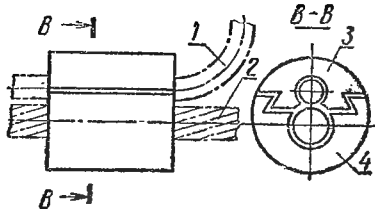


Рис. 3. Общий вид зажима ОАС:

1 — провод ответвления; 2 — провод магистрали; 3 — верхняя половина зажима; 4 — нижняя половина зажима.

Расчет проводов, изоляторов и арматуры ВЛ выполняют по допустимым напряжениям от воздействия нагрузок, определяемых механическим и электрическим расчетом ВЛ. Изоляторы, крюки, штыри должны иметь запас прочности по отношению к разрушающей нагрузке.

Изоляторы. На ВЛ применяются одно- и многошейковые штыревые изоляторы (ШФН-1, ШФН-2, ШФН-3, ШФН-4, ТФ-12, ТФ-16, ТФ-20, РФ-10, РФО-12, РФО-16). В последние годы широкое применение находят изоляторы из закаленного стекла (НС-16, НС 18).

К траверсам и стойкам опор изоляторы крепят при помощи крюков или штырей (крюки КН-12—КН-20, штыри С-12—С-16, Д-12—Д-16).

Изоляторы прочно наворачтывают на крюки или штыри с паклей, пропитанной суриком на олифе. Применяется также насадка на специальные пластмассовые колпачки. Для предохранения от коррозии крюки, штыри, металлические части траверсы кронштейнов окрашивают асфальтовым лаком.

Провода на штыревых изоляторах крепят проволочными вязками или специальными зажимами. Вязальная проволока должна быть из такого же материала, что и провод ВЛ. Диаметр стальной вязальной проволоки должен быть не менее 2—2,7 мм, алюминиевой — 2,5—3,5 мм.

На железобетонных опорах в сетях с изолированной нейтралью крюки и штыри фазных проводов заземляют, а в сетях с заземленной нейтралью соединяют с нулевым проводом. На ВЛ с деревянными опорами крюки и штыри, как правило, не заземляют. Заземляющий спуск на опоре выполняют проводом диаметром не менее 6 мм. Сопротивление заземляющих устройств должно быть не более 30 Ом для ВЛ напряжением 380/220 В и 60 Ом для сети напряжением 220/127 В. Через каждые 200 м осуществляют повторные заземления нулевого провода ВЛ. Кроме того, повторные заземления выполняют на конечных опорах и на ответвлениях к вводам в помещения, где возможно сосредоточение большого числа людей.

К заземлителям заземляющие провода присоединяют на глубине на 0,5 м от уровня земли, используя сварку внахлестку. Длина нахлестки должна составлять не менее двойной ширины прямоугольного заземляюще-

го проводника. Заземляющие провода к нулевому проводу присоединяют болтами.

§ 2. ПРИЕМКА ЛИНИЙ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

По окончании работ по сооружению ВЛ руководство предприятия электросетей назначает рабочую комиссию по приемке ВЛ в эксплуатацию. В состав комиссии входят представители предприятия электросетей, подрядчика, субподрядчика, проектной организации, а также других заинтересованных организаций. Рабочая комиссия представляет следующие технические документы:

- 1) рабочий проект ВЛ с изменениями, внесенными в процессе строительства;
- 2) исполнительную схему сети с указанием марок и сечений проводов, типов опор, защитных заземлений, средств грозозащиты и т. д.;
- 3) акты осмотров переходов и пересечений;
- 4) акты на скрытые работы по устройству заземлений и заглублений опор;
- 5) протоколы измерений сопротивления заземлителей;
- 6) паспорт линии.

Непосредственно перед сдачей в эксплуатацию вновь сооруженной или вышедшей из капитального ремонта ВЛ проверяют следующее:

- 1) техническое состояние и соответствие линии проекту;
- 2) равномерность распределения нагрузки по фазам;
- 3) заземляющие и грозозащитные устройства;
- 4) стрелы провеса и расстояния до земли и на пересечениях.

После принятия ВЛ рабочей комиссией и ликвидации всех недоделок ВЛ представляют Государственной приемочной комиссии, назначаемой районным энергетическим управлением.

Государственная приемочная комиссия на основании осмотра воздушной линии, актов рабочей комиссии, технической документации и ряда других дополнительных документов определяет качество работ, соответствие их проекту и возможность сдачи ВЛ в эксплуатацию. После включения ВЛ под напряжение и нормальной работы ее в течение суток Государственная приемочная комиссия подписывает акт приемки ВЛ в эксплуатацию.

§ 3. СОБЛЮДЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛИНИИ ПО ТОКАМ НАГРУЗКИ

Провода воздушных линий при протекании по ним электрического тока нагреваются. Правилами устройств электроустановок установлена предельно допустимая температура голых проводов при длительном протекании тока, равная 70°C . Для проводов ВЛ предусмотрены длительно допустимые токовые нагрузки I_n , рассчитанные из условия равенства температуры окружающей среды 25°C (длительно допустимые токовые нагрузки голых проводов на открытом воздухе приводятся в ПУЭ и ПТЭ).

Если температура окружающей среды отличается от $+25^{\circ}\text{C}$, длительно допустимую нагрузку I_t определяют с учетом поправочного коэффициента:

$$I_t = k I_n; \quad k = \sqrt{\frac{t_{\text{пр}} - t_{\text{окр}}}{t_{\text{пр}} - 25}},$$

где $t_{\text{пр}}$ — предельно допустимая температура нагрева провода;

$t_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды.

Предельно допустимые токовые нагрузки допускаются только в аварийных случаях. Во всех остальных случаях ток должен быть не более рабочего максимального, взятого в качестве исходного параметра при расчете и выборе проводов низковольтной сети. Режим напряжения линии контролируется на вторичных зажимах трансформатора (на вводах потребителя). При отклонении напряжения выше допускаемого пользуются переключателем трансформатора (в отключенном состоянии).

§ 4. ОСМОТРЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

В процессе эксплуатации воздушных линий проводят периодические и внеочередные осмотры. К периодическим осмотрам относятся дневные, ночные, верховые и контрольные.

Дневные осмотры проводят для проверки состояния элементов ВЛ и ее трассы. При этом подтягивают бандажи, восстанавливают нумерацию опор. Элементы линии, недоступные для осмотра с земли невооруженным глазом, монтер-обходчик осматривает в бинокль.

Ночные осмотры ВЛ проводят для выявления свечения или искрения в местах неплотных соединений, а также для выявления дефектных ламп уличного освещения.

При выполнении дневных и ночных осмотров линии обходчик не поднимается на опоры и линия не отключается.

Однако не все дефекты могут быть выявлены в результате осмотра с земли. Поэтому не реже одного раза в шесть лет проводят верховой осмотр воздушных линий. Линию при этом отключают и заземляют. Во время верхового осмотра проверяют крепление изоляторов и арматуры, степень загрязнения изоляторов, состояние верхних частей опор, состояние соединений проводов и т. д.

Для контроля работы персонала, обслуживающего ВЛ, проверки выполнения противоаварийных мероприятий, проведения оценки состояния ВЛ и их трасс инженерно-технический персонал проводит выборочные контрольные осмотры линий.

Внеочередные осмотры воздушных линий электропередачи проводят при наступлении гололеда, сильных морозов (ниже -40°C), после ледохода, разлива рек, при лесных и степных пожарах, а также после автоматического отключения линии.

Периодичность проводимых осмотров приведена в таблице 1.

При проведении периодических осмотров обращают внимание на следующее:

а) чистая ли трасса, касаются ли проводов ветви деревьев;

Таблица 1

Наименование осмотров воздушных линий	Периодичность осмотров	Исполнитель
Дневной	Не реже 1 раза в 6 месяцев	Электромонтер, квалификационная группа не ниже 2
Ночной	По мере необходимости	То же
Верховой	Не реже 1 раза в 6 лет	Электромонтер, квалификационная группа не ниже 3
Контрольный	Не реже 1 раза в год	ИТР, квалификационная группа не ниже 4
Внеочередные	—	Назначается главным инженером РЭС

- б) наличие ожогов, трещин, боя изоляторов, обрывов проводов, целостность вязок, регулировку проводов;
- в) состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целостность бандажей и заземляющих устройств;
- г) состояние соединителей, наличие набросов, следов перекрытий;
- д) состояние вводных ответвлений и предохранителей.

Все повреждения, нарушения, обнаруженные во время осмотров, заносят в листок осмотра.

§ 5. ИЗМЕРЕНИЯ И ПРОВЕРКИ НА ЛИНИЯХ

В процессе проведения осмотров воздушных линий выявляются не все неисправности. Поэтому существующими правилами технической эксплуатации предусмотрено проведение следующих проверок и измерений:

- 1) проверка состояния деревянных опор с определением степени загнивания отдельных деталей — не реже одного раза в три года;
- 2) измерение сопротивлений заземлений — не реже 1 раза в 6 лет;
- 3) проверка состояния железобетонных опор и приставок с выборочным вскрытием грунта в зоне переменной влажности — один раз в 6 лет;
- 4) измерение расстояний от проводов ВЛ до пересекаемых сооружений и до земли — во всех случаях, когда возникают сомнения в соответствии требуемых расстояний.

Загнивание разных частей деревянных опор возникает и развивается неодинаково. Загнивание древесины быстро развивается при влажности 30—60%. Такая влажность наблюдается в подземной части пасынков, торцах деталей опор и местах сопряжения деталей, где долго задерживается влага. Поэтому степень загнивания древесины опоры и приставки определяют на глубине 30—40 см ниже уровня земли, на уровне земли, на траверсе, у верхних бандажей в местах закрепления раскосов и распорок.

Наиболее часто происходит поверхностное круговое загнивание опоры. Иногда только с одной стороны, обращенной на север, которая большую часть времени находится в тени. Реже древесина гниет с ядра ствола.

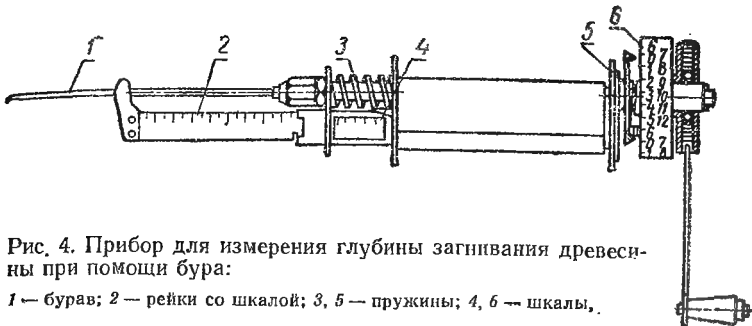


Рис. 4. Прибор для измерения глубины загнивания древесины при помощи бура:

1 — бур; 2 — рейки со шкалой; 3, 5 — пружины; 4, 6 — шкалы.

В деталях опор гниение происходит вдоль трещин, где влага долго держится из-за плохого проветривания.

По глубине и характеру распространения загнивания может быть определен эквивалентный диаметр оставшейся здоровой части древесины и решен вопрос о необходимости замены той или иной детали.

Проверка древесины на загнивание состоит из внешнего осмотра и простукивания деталей по всей их длине, а также измерения глубины загнивания в опасном сечении и измерении глубины трещин.

Внешним осмотром выявляют поверхностные очаги загнивания (круговые или местные), трещины. При

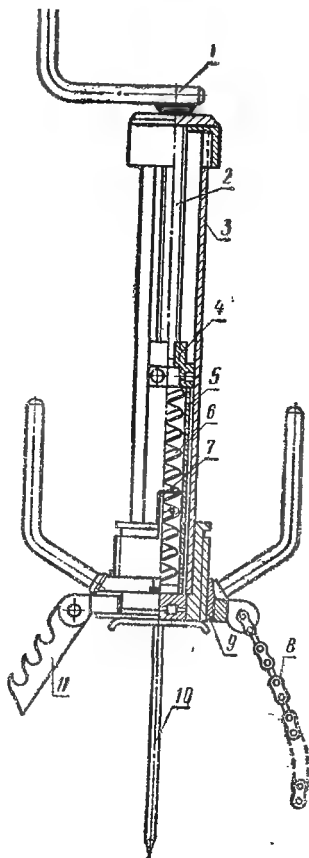


Рис. 5. Прибор ПД-1:

1 — ручка; 2 — винт; 3 — корпус;
4, 9 — гайки; 5 — внутренний цилиндр;
6 — пружина; 7 — указатель;
8 — цепь; 10 — игла;
11 — ушки.

простукивании молотком (весом не более 0,4 кг) по звуку выявляют наличие внутренней загнивания.

После определения опасного сечения, наиболее подверженного гниению, измеряют глубину загнивания. Ее определяют специальными пружинными приборами или при отсутствии таковых щупом или буравчиком. Щуп — заостренный прут или шило с нанесенными на нем делениями (через 0,5 см). Щуп усилием рук вводят в загнившие слои древесины. Встретив здоровый слой, он задерживается. Глубина проникновения щупа в древесину соответствует глубине загнивания. Щупом можно с достаточной для практики точностью определить глубину только наружного загнивания.

Более точно глубину загнивания определяют буравчиком (рис. 4) или прибором ПД-1 (рис. 5), снабженным иглой. В приборах по ходу погружения иглы в древесину измеряется усилие прокалывания. Границу здоровой древесины определяют по резкому увеличению усилия прокалывания.

Степень загнивания деталей, расположенных вертикально или наклонно (стойки, приставки и т. д.), определяют в трех точках по окружности детали, в горизонтально расположенных деталях (траверсы и т. д.) — в двух точках: сверху и внизу напротив первой.

Среднюю глубину поверхностного загнивания в каждом сечении определяют как среднее арифметическое результатов измерений.

Диаметр здоровой части древесины (эквивалентный диаметр)

$$d_3 = D - 2b_{\text{ср}},$$

где D — наружный диаметр детали;
 $b_{\text{ср}}$ — средняя глубина загнивания.

Детали опоры бракуют, если диаметр здоровой части древесины меньше наименьшего допустимого в эксплуатации, определяемого расчетом. Наименьшие допустимые диаметры основных деталей опор высотой 7,2 м для линии электропередачи, несущей до 9 проводов (пять проводов марки АС50 и четыре провода марки ПСО4), приведены в таблице 2.

В целях упрощения расчета эквивалентного диаметра условно принимают, что при любой форме внутреннего загнивания древесины здоровая часть ее в сечении

Тип опоры	Наименьший допустимый диаметр стойки или приставки у земли, см
Одностоечная 0,4 кВ	17
А-образная концевая	17
А-образная угловая	18

представляет собой либо круговое кольцо с полным внутренним загниванием (с ядром загнивания в центре), либо круговое кольцо со здоровым ядром в центре (неполное внутреннее загнивание).

По результатам измерений вычисляют среднюю толщину наружного здорового слоя $\delta_{\text{ср}}$, среднюю толщину гнилого слоя древесины $b_{\text{ср}}$ и диаметр здоровой сердцевины $d_{\text{з2}}$.

Момент сопротивления загнившей детали, имеющей сечение в виде кольца, составляет

$$W_1 = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right),$$

где D — наружный диаметр кольца;
 d — внутренний диаметр кольца.

Момент сопротивления на изгиб круга $W_2 = 0,1d_3^3$.

Эквивалентный диаметр загнившей древесины определяют путем подбора равнопрочной круглой детали с вполне здоровой древесиной по всему сечению.

Как показали испытания, момент сопротивления деталей при полном внутреннем загнивании снижается вследствие старения и прочих скрытых дефектов. Поэтому вводят поправочный коэффициент, учитывающий это ослабление прочности древесины и эквивалентный диаметр определяют по формуле

$$d_3 = K \sqrt[3]{\frac{D^4 - d^4}{D}}.$$

Значение коэффициента K определяют в зависимости от толщины стенки здорового слоя (табл. 3).

Отбраковку, как и при наружном загнивании, делают путем сравнения диаметра равнопрочного сечения (эквивалентного диаметра) с минимально допустимым диаметром для данной детали.

Толщина стенки здорового слоя $\delta_{\text{ср}}$, см	Поправочный коэффициент K
2	0,7
3	0,8
4	0,9
5	0,95
6	1,0

При полном внутреннем загнивании и толщине здорового слоя меньше 2 см деталь подлежит немедленной замене. Если эквивалентный диаметр больше расчетного на 2—4 см, деталь остается в эксплуатации с ежегодной проверкой, а при большем превышении эквивалентного диаметра над расчетным — с проверкой через 3 года.

Наличие на древесине сквозных трещин, крупных сучков расценивается как ослабление древесины по внутреннему загниванию на 1—2 см. Ослабление древесины по внутреннему загниванию врубками и притесами расценивается как наружное загнивание на глубину врубок.

При проверке заземляющих устройств их осматривают, измеряют сопротивление. Заземляющие устройства, находящиеся в земле, проверяют выборочно со вскрытием грунта. Обращают внимание на глубину заложения (не менее 0,5 м, а в пахотной земле 1 м). Размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников должны быть не менее 6 мм, а при прямоугольном сечении не менее 48 мм² и т. д. Сопротивление заземляющих устройств следует измерять в периоды наименьшей проводимости почвы: летом — при наибольшем просыхании почвы, зимой — при наибольшем промерзании. Сопротивление заземляющих устройств не должно превышать значение, нормируемое ПУЭ, более чем на 10%.

Сопротивления заземляющих устройств измеряют специальными приборами типа МС-07, МС-08 и М-416. В сетях с занулением для наиболее удаленных электроприемников 1 раз в 5 лет измеряют сопротивление фаз-нуль. Для надежной работы плавких вставок предохранителей или отключения автоматов при однофазном коротком замыкании в конце линии сопротивление петли фаз-нуль должно быть таким, чтобы возникший ток

короткого замыкания превышал по крайней мере в 3 раза номинальный ток плавкой вставки или в 1,4 раза ток отключения мгновенного расцепителя автомата.

При проверке состояния железобетонных опор и приставок их осматривают, измеряют ширину раскрытия трещин, определяют размеры раковин, сколов. На железобетонных опорах допускаются раковины и выбоины размером не более 10 мм (по глубине, ширине, длине) и по количеству не более двух на 1 метр длины. Обнаруженные трещины промазывают полимерцементным раствором и краской.

Стрелы провеса и габариты измеряют во всех случаях, когда их соответствие проектным данным вызывает сомнение.

Габариты ВЛ можно измерять без снятия и со снятием напряжения. Без снятия напряжения измерения делают при помощи теодолита, специальных оптических угломерных приборов или изолирующими штангами.

Простым и удобным прибором для измерения габаритов является также карманный высотомер. Для непосредственного измерения габаритов линий применяются изолирующие штанги: один монтер касается провода линии концом штанги, другой замеряет расстояние от нижнего конца штанги до земли.

Со снятием напряжения расстояние от проводов ВЛ до поверхности земли измеряют при помощи веревки, рулетки или рейки. Расстояние по горизонтали от проводов до строений, деревьев и других предметов, расположенных вблизи линий, измеряют непосредственно. Стрелы провеса измеряют угломерными приборами либо путем глазомерного визирования, фактически стрела провеса может отличаться от нормируемой не более чем на 5%.

Стрелы провеса и габариты линии не рекомендуется измерять при скорости ветра, превышающей 8—10 м/с.

§ 6. ОХРАНА ЛИНИЙ

Повреждения на ВЛ чаще всего возникают вследствие недопустимого приближения к проводам различных механизмов, из-за набросов и т. д. Для обеспечения сохранности ВЛ и предотвращения несчастных случаев с людьми Совет Министров СССР утвердил «Правила охраны электрических сетей напряжением до 1000 вольт».

Этими правилами устанавливаются охранные зоны и минимально допустимые расстояния между линиями электропередачи и ближайшими зданиями, сооружениями, а также зелеными насаждениями.

Для воздушных линий электропередачи (за исключением ответвлений к вводам в здания) охранная зона представляет собой полосу, ограниченную параллельными прямыми, отстоящими от проекций крайних проводов на поверхность земли на 2 м с каждой стороны. Для кабельных линий электропередачи охранная зона — это полоса, ограниченная параллельными прямыми, отстоящими от крайних кабелей на 1 м с каждой стороны, а при прохождении под тротуарами — на 0,6 м в сторону здания и на 1 м в сторону проезжей части улицы.

В пределах охранных зон линий, без согласия эксплуатационной организации, запрещается:

а) проводить строительные и монтажные работы, устраивать спортивные площадки для игр, складировать корма, топливо и другие материалы;

б) устраивать проезды для машин и механизмов, имеющих общую высоту от поверхности земли более 4,5 м, а также стоянки автомобильного и гужевого транспорта.

Запрещается выполнять всякого рода действия, которые могут привести к повреждениям линии, и в частности осуществлять набросы на провода, привязывать и приставлять к опорам посторонние предметы, влезать на опоры.

Выполнять работы вблизи воздушных линий электропередачи с использованием различного рода механизмов допускается при условии, если расстояние по воздуху от механизмов или от выдвижной их части до ближайшего провода, находящегося под напряжением, не менее 1,5 м. На автомобильных дорогах в местах пересечения с линией электропередачи с обеих сторон устанавливаются сигнальные знаки, указывающие допустимую высоту движущегося транспорта с грузом.

Порядок эксплуатации линий электропередачи на территории промышленных предприятий организация, эксплуатирующая ВЛ, согласовывает с администрацией промышленных предприятий.

Для предупреждения повреждений ВЛ предприятия электрических сетей должны сделать следующее:

а) ознакомить руководство предприятий, расположен-

ных в зоне электросетей, с правилами охраны электрических сетей;

б) оказывать помощь в проведении инструктажа о правильной организации работ вблизи ВЛ среди рабочих указанных предприятий;

в) разъяснять учащимся опасность и недопустимость детских игр под проводами ВЛ, рассказывать об ущербе, который может нанести отключение ВЛ.

§ 7. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ

Работы на воздушных линиях с точки зрения условий безопасности особо опасны по следующим причинам: работы, как правило, связаны с подъемом на опоры на большую высоту;

работы часто проводятся под напряжением или вблизи других действующих линий;

рабочее место не является постоянным, что затрудняет контроль за соблюдением правил техники безопасности со стороны инженерно-технического персонала, а также доставку и проверку нужных защитных средств.

Все лица, обслуживающие линии, должны пройти медицинское обследование и иметь разрешение на работу на высоте. Они проходят соответствующее обучение и проверку знаний по технике безопасности. Им необходимо иметь практические навыки безопасных методов работы, знать приемы освобождения пострадавшего из-под напряжения, приемы искусственного дыхания и правила оказания первой помощи.

Лица, не достигшие 18-летнего возраста, не допускаются к работе на высоте, под напряжением, к рубке и валке деревьев и к пропитке древесины антисептиками.

Работы на воздушных линиях в отношении мер безопасности подразделяются на следующие категории:

а) работы на отключенных линиях;

б) работы на линиях, находящихся под напряжением;

в) работы на отключенных линиях, когда провода других линий, подвешенных на опорах этой линии, остаются под напряжением;

г) работы на линиях под напряжением до 1000 В при подвеске их проводов на опорах линий напряжением выше 1000 В;

д) работы вблизи других действующих линий.

На ВЛ можно работать только при проведении необходимых организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасность. Как правило, кроме случаев, оговариваемых правилами техники безопасности, работы на воздушных линиях должны выполнять не менее двух человек.

Организационные мероприятия состоят из оформления наряда или распоряжения (письменное или устное), допуска к работе, надзора во время работы и оформления окончания работы.

Оформление работы нарядом или распоряжением подтверждает необходимость ее выполнения, возможность создания безопасных условий труда и достаточность квалификации лиц, выполняющих работу. По наряду выполняют работы на неотключенных линиях с подъемом на опору выше 3 м от земли.

К техническим мероприятиям относятся отключение напряжения, принятие мер от случайной подачи напряжения, вывешивание плакатов «Не включай — работают люди», проверка отсутствия напряжения и наложение заземлений.

При выполнении работ с полным снятием напряжения напряжение отключают рубильниками, автоматами, разъединителями, предохранителями с созданием видимого разрыва со всех сторон возможной подачи напряжения. После этого снимают предохранители в цепях оперативного тока управления коммутационной аппаратурой (предохранители, накладки) или устанавливают блокирующие устройства — листы изоляционного материала и т. д. Вывешивают плакаты, запрещающие подачу напряжения. При помощи указателей напряжения убеждаются в отсутствии напряжения на отключенной линии и только после этого накладывают заземляющее устройство (включают заземляющие разъединители, ножи и т. п.).

При работе на линии переносное заземление накладывают на опоре, ближайшей к месту проведения работ. При работах, связанных с нарушением целостности проводов, заземление устанавливают с двух сторон участка работ. Наложение, крепление и снятие заземления выполняют в диэлектрических перчатках или при помощи изолирующих штанг.

На деревянных или железобетонных опорах с заземляющим спуском заземление присоединяют к этому

спуску; если его нет, — к искусственному заземлению, забитому в землю металлическому стержню, буру, ввернутому на глубину 0,5—1,0 м. На ВЛ с заземленной нейтралью переносные заземления на месте работ допускается присоединять к нулевому проводу.

Если линию осматривает один человек, он работает без наряда, но не поднимаясь на опоры. Осматривающий должен считать линию под напряжением, так как даже на отключенную линию в любой момент может быть подано напряжение. При обходе в темное время суток следует идти по краю трассы, чтобы случайно не наступить на оборванный провод. Обнаружив оборванный провод, осматривающий может убрать его, пользуясь изолирующими средствами.

Перед подъемом на опору необходимо убедиться в прочности ее основания. Если основание опоры подгнило более чем на 2,5—3,0 см по радиусу, на нее запрещается подниматься, не закрепив ее предварительно оттяжками.

На опору разрешается подниматься только с применением когтей или специальных приспособлений. При работе на опоре следует всегда стоять на обеих ногах, закрепившись на ней цепью монтерского пояса. Предохранительные пояса, монтерские когти, страхующие канаты проверяют каждые 6 месяцев.

На угловые одностоечные опоры не разрешается подниматься со стороны внутреннего угла. Нельзя также влезать и работать на той стороне, с которой натягивается провод.

На опору со значительным наклоном нельзя подниматься до ее выпрямления и закрепления в грунте. Перед подъемом на опору необходимо проверить исправность предохранительного пояса, когтей, диэлектрических перчаток, инструмента с изолированными рукоятками, приспособлений и т. п.

При работах без снятия напряжения с подъемом до верха опоры большое значение для безопасности имеет одежда. Она должна быть удобной, не стеснять движений, ее следует застегнуть на все пуговицы, а рукава опустить и застегнуть у кистей рук.

Особую осторожность необходимо соблюдать при работах на опорах с совместной подвеской проводов линий до 1000 В и радиотрансляции, линий до 1000 и выше 1000 В, а также при наличии параллельных линий электропередачи напряжением выше 1000 В.

При работах, на которых не исключена возможность касания или приближения на опасное расстояние к проводам другой действующей линии напряжением выше 1000 В, эту действующую линию необходимо отключить и заземлить вблизи места проведения работ. Если ведется раскатка провода по земле в зоне влияния другой линии напряжением выше 1000 В, провод должен быть заземлен. Особую опасность представляют работы на переходах и пересечениях. В этом случае все работы выполняют по наряду и принимают специальные меры, предотвращающие случайное прикосновение к проводам пересекаемых линий.

Контрольные вопросы

1. Каковы общие требования к воздушным линиям напряжением до 1000 В?
2. Какие существуют способы соединения проводов на линиях электропередачи?
3. Каковы требования к деревянным и железобетонным опорам?
4. Как определяют длительно-допустимые нагрузки на провода?
5. Расскажите о видах осмотров, их назначении и периодичности.
6. На что следует обращать внимание при осмотрах линии?
7. Как определяют степень загнивания и эквивалентный диаметр здоровой части древесины?
8. Где делают повторные заземления нулевого провода и зачем?
9. Как проверяют заземляющие устройства?
10. В чем заключается проверка состояния железобетонных опор и приставок?
11. Как измеряют габариты воздушных линий?
12. Что вы знаете об охране линий?
13. Как осуществляется приемка ВЛ в эксплуатацию?
14. Кто допускается к работе на высоте?
15. В чем заключается опасность работы на ВЛ?
16. На какие категории по степени опасности подразделяются работы на ВЛ?
17. Что относится к организационным и техническим мероприятиям техники безопасности?

Лабораторная работа 1

Измерение горизонтальных и вертикальных углов теодолитом

Цель работы. Изучить способы измерения габаритов воздушных линий и расстояний от проводов до земли и пересекаемых объектов. Ознакомиться с устройством теодолита, методами его настройки и работы с ним.

План работы. 1. Ознакомиться с конструкцией теодолита ТТ-5.

2. Определить высоту подвески провода.

3. Измерить горизонтальный угол, образованный в месте изменения направления линии электропередачи.

4. Определить расстояние до опоры дальномером теодолита.

5. Ознакомиться с правилами вешения воздушной линии при помощи теодолита.

6. Снять габариты пересечения линии 0,4 кВ с воздушной линией напряжением 10 кВ.

Пояснение к работе. Теодолит представляет собой угломерный инструмент. Ознакомившись по инструкции с его конструкцией, укрепить его на треножнике и привести в рабочее состояние. Проверить правильность его установки. Высоту подвески провода определить методом геодезического нивелирования. Для этого по вертикальному кругу теодолита измерить вертикальный угол, образованный прямыми, проведенными от прибора к точке провода и ее проекции на земле. Непосредственный расчет вести с использованием тригонометрических формул.

Разобраться в методах повышения точности измерений теодолитом. Выполнить эскиз геодезического нивелирования и вешения оси воздушной линии.

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В объем эксплуатации кабельных линий входит следующее:

- 1) контроль за токовыми нагрузками, температурными режимами и напряжением сети;
- 2) проведение систематических и внеочередных осмотров трасс;
- 3) проведение профилактических испытаний и измерений;
- 4) контроль за проведением работ на трассах и проведение разъяснительной работы среди населения, руководителей предприятий и учреждений.

Для исключения возникновения в кабелях опасных механических напряжений от возможных смещений почвы и температурных деформаций кабели укладывают змейкой с запасом по длине 1—3%. При открытой прокладке кабели защищают от непосредственного воздействия солнечных лучей и других теплоизлучений. При прохождении трассы по территории электрифицированного рельсового транспорта (трамвай и др.) кабели необходимо защищать от опасного влияния блуждающих токов. Кабели, прокладываемые внутри помещений, не должны иметь наружных защитных покровов из горючих волокнистых материалов.

Все проложенные кабели, а также муфты и концевые заделки снабжают бирками. На бирках для кабелей указывают марку, напряжение, наименование кабельной

линии, для муфт и заделок — номер, дату монтажа и фамилии монтеров, проводивших монтаж.

Кабели можно прокладывать в тоннелях, каналах, блоках, траншеях и подземных лотках. Внутри зданий кабельные линии можно прокладывать непосредственно по конструкциям зданий. По капитальным затратам наиболее экономична прокладка кабелей в специально вырытых траншеях. Кабели напряжением до 1000 В в местах возможных механических повреждений, например в местах частых раскопок, покрывают плитами или кирпичом. Глубина заложений кабельных линий должна составлять 0,7 м, а при пересечении улиц — 1,0 м.

При параллельной прокладке нескольких кабелей в одной траншее расстояние между ними по горизонтали должно быть не менее 100 мм. Расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

Допускается перемещение кабелей, находящихся под напряжением, на расстояние 5—7 м с соблюдением следующих условий:

- 1) температура кабеля должна быть не ниже 5° С;
- 2) при захвате кабеля пользуются специальными изолирующими клещами или диэлектрическими перчатками;
- 3) поверх диэлектрических перчаток для защиты их от механических повреждений надевают брезентовые рукавицы;
- 4) кабели около муфты для исключения изгиба закрепляют на досках.

§ 2. ПРИЕМКА КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Все кабельные линии должны удовлетворять требованиям ПУЭ. Каждую вновь смонтированную линию принимает специальная комиссия, состоящая из представителей монтажных и эксплуатирующих организаций. Комиссия знакомится с технической документацией на проложенный кабель и актами на скрытые работы, проверяет трассу кабеля и проводит ряд испытаний.

Техническая документация, предъявляемая приемной комиссией, должна содержать:

- а) проект кабельной линии;
- б) перечень отклонений от проекта с указанием причин и согласование с проектной и другими заинтересованными организациями;

в) исполнительные чертежи в масштабе не менее 1:500 с нанесением координат трассы и муфт;

г) акты на скрытые работы, в том числе акты на пересечения и сближения кабелей со всеми подземными коммуникациями, акты на монтаж кабельных муфт и т. д.;

д) акты на осуществление антикоррозионных мероприятий и защиты от блуждающих токов.

Вновь сооружаемую или вышедшую из капитального ремонта кабельную линию испытывают следующим образом:

а) проверяют на обрыв и выполняют фазировку жил;

б) измеряют сопротивление заземления концевых заделок;

в) проверяют действие установленных защитных устройств от блуждающих токов;

г) испытывают изоляцию повышенным напряжением.

На каждую кабельную линию при вводе ее в эксплуатацию заводят паспорт, в котором отражают основные технические данные линии и вносят все сведения по ее испытаниям, ремонту и эксплуатации, и устанавливают максимальные токовые нагрузки.

§ 3. СОБЛЮДЕНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ПО ТОКАМ НАГРУЗКИ

Допустимые температуры нагрева токоведущих жил определяются конструкцией кабеля (типом применяемой изоляции), рабочим напряжением, режимом его работы (длительный, кратковременный). Длительно допустимые температуры токоведущих жил не должны превышать следующих значений, °С:

для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 3 кВ,	80
для кабелей с резиновой изоляцией	65
для кабелей по ВТУ с полихлорвиниловой изоляцией	65

Допустимые токовые нагрузки для нормального длительного режима кабельной линии определяют по таблицам, приведенным в электротехническом справочнике. Эти нагрузки зависят от способа прокладки кабеля и вида охлаждающей среды (земля, воздух).

Для кабелей, проложенных в земле, длительно допустимые токовые нагрузки приняты из расчета прокладки одного кабеля в траншее на глубине 0,7—1,0 м при температуре земли 15°С. Для кабелей, проложенных на воздухе, температура окружающей среды принята равной 25°С. Если расчетная температура t_p окружающей среды отличается от принятых условий t_n , вводится поправочный коэффициент k_1 , равный

$$k_1 = \sqrt{\frac{t_d - t_p}{t_d - t_n}},$$

где t_d — допустимая температура жилы кабеля.

За расчетную температуру почвы принимается наибольшая среднемесячная температура (из всех месяцев года) на глубине прокладки кабеля. За расчетную температуру воздуха принимают наибольшую среднюю суточную температуру, повторяющуюся не менее трех дней в году.

При прокладке в одной траншее нескольких кабелей вводят поправочный коэффициент k_2 , зависящий от числа параллельно проложенных кабелей и расстояния в свету между ними.

В условиях необходимости применения обоих поправочных коэффициентов длительно допустимая нагрузка

$$I_{\text{доп}} = I_n k_1 k_2.$$

Длительно допустимые нагрузки определяют по участку трассы кабельной линии с наихудшими условиями охлаждения, если длина участка не менее 10 м.

Кабельные линии напряжением до 6—10 кВ, несущие нагрузки меньше номинальных при коэффициенте предварительной нагрузки не более 0,6÷0,8, могут временно и длительно перегружаться (см. ПТЭ и ПУЭ). Для более точного определения нагрузочной способности кабеля рекомендуется измерять температуру металлических оболочек кабелей $t_{об}$, а затем определять температуру жилы кабеля $T_{ж}$ по формуле

$$T_{ж} = t_{об} + \Delta T_{\text{каб}},$$

где $\Delta T_{\text{каб}}$ — перепад температур от оболочки до жилы кабеля;

$t_{об}$ — температура оболочки, измеренная при опыте, °С.

Если в результате измерений температура жилы кабеля $T_{ж}$ окажется ниже допустимой величины $T_{ж.д}$, можно скорректировать нагрузку кабеля, увеличив ее до значения, определяемого формулой

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{оп}} \sqrt{\frac{T_{ж.д} - t_{\text{окр}}}{T_{ж} - t_{\text{окр}}}},$$

где $I_{\text{оп}}$ и $T_{ж}$ — измеренная нагрузка и температура жилы кабеля.

Температуру кабелей рекомендуется измерять при помощи термосопротивлений или термопар для самых неблагоприятных условий работы: максимальная нагрузка и наивысшая температура окружающей среды. При равномерном графике нагрузки кабельной линии в течение суток температуру оболочки кабеля достаточно измерить дважды с интервалом 1—2 ч. Если график нагрузки неравномерен, температуру оболочки кабеля измеряют в течение суток через каждые 1—2 ч, одновременно измеряют значение нагрузки. По полученным данным строят суточные графики температуры оболочки кабеля и его нагрузки. При подсчете температуры жилы кабеля за $t_{\text{об}}$ принимают максимальное значение температуры оболочки по графику, а за $I_{\text{оп}}$ — максимальное значение нагрузки длительностью не менее двух часов, хотя эти значения могут быть сдвинуты по времени.

Температуру окружающей среды для кабелей, проложенных в туннелях-каналах, измеряют на входе и выходе из них, для кабелей, проложенных в земле, — на расстоянии 3—5 м от крайнего кабеля на глубине его прокладки.

На ответственных кабельных линиях с постоянным дежурным персоналом контроль за нагрузками ведут по стационарным измерительным приборам, показания которых заносят в суточные ведомости. Для наглядности на шкалах щитовых амперметров красной чертой отмечен допустимый ток кабельной линии. При отсутствии дежурного персонала для контроля за нагрузками кабельных линий периодически измеряют токи стационарными или переносными приборами. Измерения делают 2—3 раза в год: один раз в летний и один-два раза в осенне-зимний максимумы.

Одновременно с контролем токовых нагрузок измеряют рабочее напряжение кабельных линий. Рабочее

напряжение линий в нормальных условиях эксплуатации не должно превосходить номинальное более чем на 15%. В сетях с изолированной нейтралью или в компенсированных сетях допускается работа кабельных линий в режиме однофазного замыкания на землю.

Продолжительность работы в режиме однофазного замыкания на землю определяется расчетным путем и составляет обычно не более 2 ч.

§ 4. ОСМОТРЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Надзор за кабельными линиями предполагает периодические обходы и осмотры. Трассы кабельных линий напряжением до 35 кВ осматривают монтеры в следующие сроки:

а) кабели, проложенные в земле и туннелях, — в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в 3 месяца;

б) концевые муфты, кабельные колодцы — один раз в год.

Сроки контрольных осмотров кабельных линий инженерно-техническим персоналом устанавливают с учетом местных условий.

Внеочередные обходы трасс делают весной во время таяния снега, ледоходов, паводков, после ливней и в период осенних дождей, когда наблюдаются наибольшие размягчения и размыв грунта, в результате чего возможны повреждения кабелей.

При осмотрах необходимо проверять, чтобы на трассе не выполнялись работы, не согласованные с эксплуатирующей организацией: строительство сооружений, раскопка земли, посадка деревьев, устройство складов, свалок, выливание растворов кислот, щелочей и солей, земляные работы на глубине более 0,3 м и планировка грунта при помощи механизмов.

Все замечания по результатам обходов и осмотров трасс кабельных линий записывают в журнал. О дефектах, требующих немедленного устранения, проводящий осмотр, кроме записи в журнал, обязан немедленно сообщить непосредственному начальнику. В дальнейшем на основании просмотра журнала дефектов инженерно-технический персонал намечает мероприятия и сроки по устранению неисправностей. Если объем работ большой

или необходимы большие материальные затраты, работы включают в план капитального ремонта.

Если во время осмотра обнаружены нарушения действующих «Правил по охране высоковольтных электрических сетей», например ведутся земляные работы без разрешения, необходимо немедленно прекратить дальнейшее проведение работ, составить акт о нарушении правил и вызвать представителя администрации (инспекции) или органов милиции. Если на проведение земляных работ вблизи кабельных трасс есть разрешение, то в проекте на эти работы должны быть предусмотрены специальные меры по обеспечению сохранности кабельных линий.

Правила технической эксплуатации запрещают работать с землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабелей. Отбойные молотки и ломы для рыхления грунта над кабелями можно применять лишь на глубине не более 0,4 м при нормальной глубине заложения кабелей. Клип-бабы и другие аналогичные ударные механизмы разрешается применять на расстоянии не ближе 5 м от кабелей.

В течение всего времени проведения работ следует обеспечить периодический контроль за соблюдением предписанных мер по обеспечению сохранности кабельной линии.

§ 5. БЛУЖДАЮЩИЕ ТОКИ, ИХ ИЗМЕРЕНИЕ И ЗАЩИТА КАБЕЛЕЙ ОТ КОРРОЗИИ

Для определения коррозионной опасности и разработки мер по защите кабельной линии составляют потенциальную диаграмму кабельной сети, которую периодически корректируют. Для этого на кабельных линиях проводят комплекс испытаний, включающий следующие измерения:

- а) разности потенциалов между оболочками кабеля и землей;
- б) силы и направления тока, протекающего по оболочке кабеля;
- в) плотности тока, стекающего с кабеля в землю.

Как показывает опыт, потенциалы 0,1—0,2 В достаточны для создания условий активного разрушения свинцовой оболочки. Для измерения потенциалов нужно использовать вольтметры с большим сопротивлением, порядка 10 000 Ом на 1 В.

Для измерения блуждающих токов применяют универсальный коррозионно - измерительный прибор. По данным измерений определяют средние значения потенциалов и токов. Опасным значением плотности стекающего тока считается $0,15 \text{ мА/дм}^2$ и более.

При измерении потенциалов оболочек кабеля по отношению к земле (рис. 6) во избежание появления погрешностей

от возможности появления гальванических пар заземляющий электрод выполняют из того же металла, что и оболочку кабеля (свинец, алюминий), на котором измеряют блуждающие токи. Обычно в качестве электрода используют кусок кабеля длиной 300—500 мм.

При измерении плотности тока вместо милливольтметра включают миллиамперметр. Измерив весь ток, стекающий с электрода в землю $I_{з.э}$, и зная размер поверхности электрода S , определяют удельную плотность тока, стекающего в землю, $I_{уд}$:

$$I_{уд} = \frac{I_{з.э}}{S}.$$

Сквозной ток, протекающий вдоль оболочки кабеля $I_{ск}$, желательно измерять компенсационным методом (рис. 7). От постороннего источника по оболочке кабе-

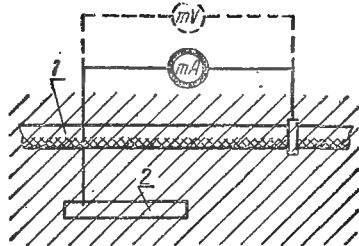


Рис. 6. Схема измерений потенциалов на оболочках кабелей и плотности стекающих с них блуждающих токов:

1 — кабель; 2 — электрод.

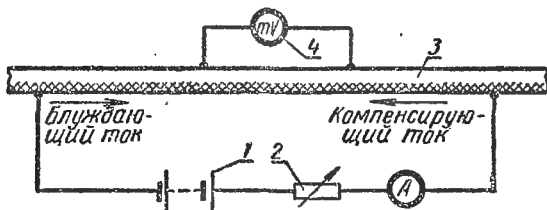


Рис. 7. Схема измерения блуждающих токов, протекающих вдоль свинцовой оболочки:

1 — вспомогательная батарея; 2 — реостат; 3 — кабель; 4 — прибор-индикатор.

ля пропускают ток обратного направления, который компенсирует блуждающий ток, проходящий вдоль оболочки. В момент полной компенсации показание милливольтметра равно нулю, а ток, пропускаемый от постороннего источника $I_{\text{п}}$, равен сквозному току, протекающему вдоль оболочки кабеля $I_{\text{ск}} = I_{\text{п}}$.

Существующими правилами технической эксплуатации предписано измерять блуждающие токи не менее двух раз в первый год эксплуатации кабельной линии. Периодичность измерений в последующие годы устанавливают на основании результатов первых измерений и анализа коррозионных зон.

§ 6. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Профилактические испытания проводят не реже 1 раза в год, а испытания кабелей, находящихся в благоприятных условиях по нагрузке (температурному режиму), способу прокладки (исключена возможность механических повреждений), — не реже 1 раза в 3 года.

Внеочередные испытания кабельных линий проводят после ремонтных работ и после окончания земляных работ на трассе кабельных линий. Профилактические испытания изоляции кабельных линий выполняют:

- а) высоковольтным мегомметром 1000—2500 В;
- б) повышенным напряжением постоянного тока;
- г) измерением диэлектрических потерь на вертикальных участках.

Испытание изоляции мегомметром 1000—2500 В проводят для выявления резких нарушений целостности изоляции кабеля (обрыв фаз, короткое замыкание на землю и т. д.).

Основным методом профилактических испытаний кабельных линий является метод испытаний повышенным напряжением.

Профилактические испытания обычно проводят в теплое время года, в период наибольшей вероятности ухудшения качества изоляции. В целях снижения мощности испытательной установки испытание повышенным напряжением проводят на постоянном токе (рис. 8).

При испытаниях напряжение поднимают плавно, со скоростью не более 1—2 кВ в секунду, до испытательного значения и поддерживают в течение всего периода испытаний (5 мин). Кабельная линия считается выдер-

жавшей испытание, если во время его проведения не наблюдалось резких толчков тока и не произошло пробоя или перекрытия изоляции, а также роста тока утечки.

При испытаниях трехфазных кабелей каждую жилу испытывают по очереди по отношению к двум другим и свинцовой оболочке (свободные жилы вместе с оболочкой соединяют с землей). При этом как междупазовую изоляцию, так и изоляцию жил по отношению к земле испытывают одинаковым напряжением. Для кабелей 2—10 кВ это напряжение принимают равным $(5 \div 6) U_n$.

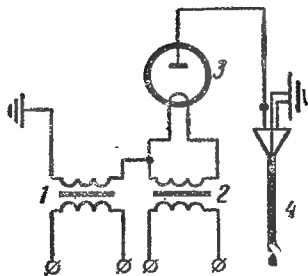


Рис. 8. Принципиальная схема испытания кабеля:

1 — повысительный трансформатор; 2 — трансформатор накала; 3 — кенотрон; 4 — испытуемый кабель.

§ 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ

Повреждения кабелей подразделяются на следующие:

- замыкание на землю одной фазы;
- замыкание двух или трех фаз на землю либо между собой;
- обрыв одной, двух или трех фаз с заземлением или без заземления;
- заплывающий пробой изоляции;
- сложные повреждения, представляющие комбинации из вышеупомянутых видов повреждений.

Для определения характера повреждения кабельную линию отключают от источника питания. От нее отключают все электроприемники и с обоих концов при помощи мегомметра или высокого напряжения проверяют:

- сопротивление изоляции каждой токоведущей жилы по отношению к земле и между каждой парой жил;
- отсутствие обрыва токоведущих жил.

После определения характера повреждения кабельной линии выбирают метод, наиболее подходящий для определения места повреждения. В первую очередь с погрешностью 10—40 м определяют зону, в границах кото-

рой расположено место повреждения. Для этого пользуются следующими относительными методами:

- а) импульсным;
- б) методом колебательного разряда;
- в) петлевым;
- г) емкостным.

Место повреждения непосредственно на трассе уточняют акустическим или индукционным методом.

Импульсный метод основан на посылке в поврежденную линию зондирующего электрического импульса и измерении интервала между моментом подачи импульса и моментом прихода отраженного импульса от места повреждения в кабеле.

На рассмотренном принципе построены приборы типов ИКЛ-5, Р5-1А. При импульсном методе измерения может быть измерено не только расстояние до места повреждения, но и определен характер дефекта.

Достоинство импульсного метода заключается в отсутствии каких-либо переключений на противоположном конце кабеля. Присоединение к кабелю может быть различным (рис. 9).

Методом колебательного разряда (рис. 10) определяют зону повреждения кабельной линии при заплывающих пробоях. При измерении кабельную линию отключают с обоих концов и разряжают. От испытательной установки высокого напряжения постоянного тока на поврежденную жилу кабеля подают напряжение заряда, плавно поднимая его до напряжения пробоя поврежденной изоляции, но не выше значения, допустимого нормами профилактических испытаний для данного вида кабеля. В момент пробоя в месте повреждения возникает искра, обладающая небольшим переходным сопротивлением, и в кабеле происходит разряд колебательного характера. Время колебательного разряда измеряют осциллографом типа ОЖО с однократной идущей разверткой или электронным миллисекундометром типа ЭМКС-58М, присоединяемым через делитель напряжения.

Прибор типа ЭМКС-58М измеряет время первого полупериода колебательного разряда, и его шкала отградуирована в единицах длины (расстояние до места повреждения).

Петлевой метод применяют для определения зоны повреждения кабельной линии в случаях, когда жила

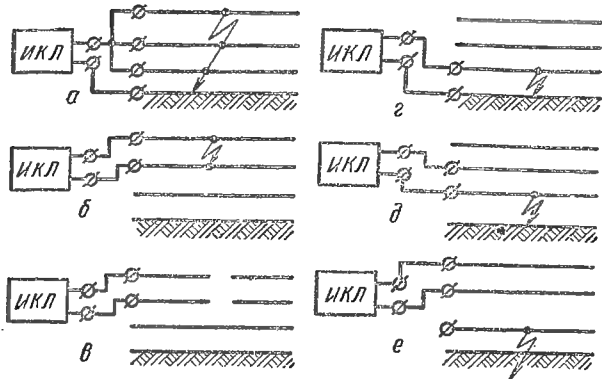


Рис. 9. Подсоединение прибора ИКЛ к линии при различных случаях повреждения.

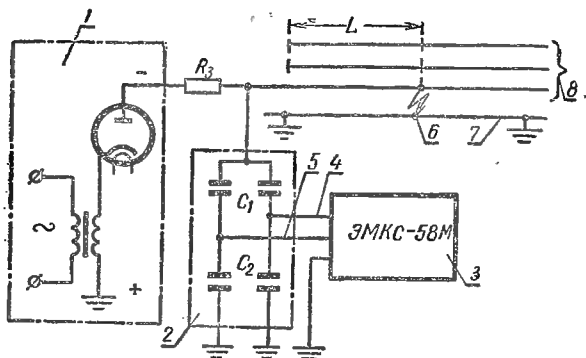


Рис. 10. Схема определения места повреждения методом колебательного разряда:

1 — высоковольтная испытательная установка; 2 — делитель напряжения; 3 — прибор; 4 — цепь пуска; 5 — останов; 6 — место повреждения; 7 — свинцовая оболочка; 8 — жилы кабеля.

с поврежденной изоляцией (замыкание на землю) не имеет обрыва и хотя бы одна из жил имеет хорошую изоляцию.

Метод петли заключается в непосредственном измерении при помощи измерительного моста сопротивления постоянному току участка поврежденной жилы от места измерения до места повреждения.

Петлевой метод наиболее часто применяется при небольших длинах кабелей (или небольших расстояниях до места повреждения) $e < 100—200$ м и больших переходных сопротивлениях $1000 < R_{\pi} < 5000$ Ом, когда не применим другой метод. Погрешность определения мест повреждений составляет не более 0,1—0,3%.

Емкостный метод используют для определения зоны повреждения, когда оборваны одна или несколько жил кабеля, при сопротивлении изоляции поврежденной жилы не менее 5000 Ом. Принцип метода заключается в измерении емкости оборванного участка жилы кабеля C_x (емкость пропорциональна длине кабеля до места повреждения) и сопоставлении ее значения с удельной емкостью целой неповрежденной жилы кабеля.

Акустический метод — это один из абсолютных методов, его применяют для определения места любого вида повреждения кабельной линии непосредственно на трассе. Непременным условием применения этого метода является возможность создания в месте повреждения искусственного электрического разряда, прослушиваемого с поверхности земли или воды.

При возникновении разряда в поврежденном месте одновременно с электромагнитными колебаниями возникает звуковая волна, которая может быть прослушана на поверхности земли. Наибольшая слышимость будет непосредственно над местом повреждения кабеля.

В качестве генератора импульсов используют обычную испытательную установку высокого напряжения постоянного тока, в схему которой дополнительно вводят зарядную емкость и разрядник.

Метод неприменим при металлическом соединении жилы с оболочкой кабеля и отсутствии искровых разрядов в месте повреждения в кабельной линии.

Индукционный метод — также один из абсолютных методов определения места повреждения кабельной линии непосредственно на трассе. Он основан на принципе улавливания магнитного поля над кабелем, созданного током звуковой (тональной) частоты, пропускаемым по кабельной линии.

Индукционный метод обеспечивает высокую точность определения места повреждения. Погрешность составляет не более 0,5 м. Его применяют в случаях, когда переходное сопротивление в месте повреждения составляет не более 20—50 Ом. Недостаток способа заключа-

ется в том, что им трудно определить замыкание одной жилы на оболочку кабеля.

Индукционным методом можно определить трассу и глубину залегания кабеля.

§ 8. ПРОЖИГАНИЕ ПОВРЕЖДЕННЫХ МЕСТ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЕЙ

В некоторых случаях при повреждении изоляции кабельных линий сопротивление изоляции остается еще значительным и применение многих методов отыскания мест повреждений оказывается невозможным. В этих случаях для создания благоприятных условий для отыскания повреждения снижают переходное сопротивление в месте повреждения (до 10—100 Ом) путем прожигания изоляции в поврежденном месте при помощи специальных установок.

В начальной стадии прожигания применяют кенотронные установки, позволяющие получать высокие напряжения (до 50 кВ) при малых токах (до 0,3 А). В последующей стадии используют газотронные установки или установки на твердых выпрямителях с низким рабочим напряжением и более высоким выходным током (до 10 А). На заключительной стадии дожигания используют специальные трансформаторы.

Для прожигания кабелей можно использовать как постоянный, так и переменный ток. Практически применяют следующие три ступени прожигания (табл. 4).

Кабели напряжением до 1000 В прожигают в два этапа с применением 2 и 3 ступеней.

Т а б л и ц а 4

Ступень прожигания	Режимы прожигания изоляции кабелей		Тип установки
	напряжение установки прожигания, кВ	максимальный ток (А) и внутреннее сопротивление (в скобках)	
1	5—50	0,3(100÷500 кОм)	Кенотронная
2	3—12	10(1÷5 кОм)	Селеновые, кремниевые выпрямители
3	0,05—0,5	100(0,5÷50 Ом)	Трансформатор

В последние годы широкое применение нашел резонансный метод прожигания, обеспечивающий высокую эффективность прожигания на переменном токе при возможности получения высоких испытательных напряжений на довольно простой портативной аппаратуре.

При этом используют специальные трансформаторы с переключателем витков вторичной обмотки. Вторичную обмотку включают на кабель, подлежащий прожиганию. Емкость подключенного кабеля совместно с индуктивностью высоковольтной вторичной обмотки образуют резонансный контур на частоте сети 50 Гц. Колебания в этом контуре возбуждаются благодаря магнитной связи с первичной обмоткой трансформатора, получающей питание от сети 127—380 В. Изменением настройки контура (числом витков) регулируют напряжение на кабеле. В резонансном контуре может развиваться реактивная мощность до нескольких сотен киловольт-ампер в то время, как из сети низкого напряжения потребляется небольшая мощность в несколько киловатт, идущая на покрытие активных потерь.

Прожигание переменным током сопровождается дополнительным нагревом изоляции диэлектрическими потерями вблизи разряда. Пробой изоляции может происходить на обеих полярностях напряжения, и частота пробоя может достигать до 100 раз в секунду. Поэтому при резонансном методе процесс выгорания происходит интенсивнее и быстрее, чем при других методах.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к кабельным линиям электропередачи?
2. В чем заключается эксплуатация кабельной линии?
3. Как определяют максимальные токовые нагрузки на кабельную линию?
4. Какие есть виды осмотров кабельных линий и какова их периодичность?
5. На что обращают внимание во время проведения осмотров?
6. Как измеряют блуждающие токи и каковы способы защиты кабелей от коррозии?
7. Как проводят испытание кабеля повышенным напряжением?
8. Какова методика определения места повреждения на кабельных линиях?
9. В чем заключается принцип действия импульсного, емкостного, акустического и индукционного методов определения места повреждения?
10. Для чего и как осуществляют прожигание поврежденных мест изоляции кабелей?

Определение мест повреждения на кабельных линиях

Цель работы. Ознакомиться с методами определения мест повреждения на кабельных линиях и получить практические навыки их определения при помощи импульсного искателя повреждений кабелей и линий типа ИКЛ-5.

План работы. 1. По материалу лекций изучить методы определения мест повреждения на кабельных линиях и область их применения.

2. Ознакомиться с принципом действия, техническими характеристиками и схемой прибора ИКЛ-5.

3. При помощи прибора ИКЛ-5 определить место повреждения на кабельной линии.

Пояснения к работе. С целью получения исходных данных для выбора метода определения места повреждения следует определить характер повреждения. Для этого кабель отключить от источников питания и затем с обоих его концов мегомметром измерить сопротивление изоляции токоведущей жилы по отношению к земле и между каждой парой жил, а затем определить, нет ли обрыва в токоведущих жилах.

Принцип действия прибора, его конструкция, работа основных блоков, методика определения повреждений, а также область использования импульсного метода изложены в инструкции к прибору. Подключив прибор к кабельной линии, определить место и характер повреждения в кабеле. Вычертить блок-схему прибора и импульсные характеристики испытания кабеля.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В сельском электроснабжении значительное распространение получили комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН). Шкафы КРУН могут быть использованы как распределительные устройства напряжением 6—10 кВ и как элементы комплектных трансформаторных подстанций (КТП) напряжением 35/6—10 и 220/110/6—10 кВ. В шкафах КРУН 6—10 кВ устанавливают малообъемные масляные выключатели с грузовыми и пружинными приводами, трансформаторы напряжения с разрядниками и др. Для сельской электрификации широко используются комплектные трансформаторные подстанции на напряжение 6—10/0,4 кВ, состоящие из высоковольтного ввода 6—10 кВ, трехфазных понижающих трансформаторов и распределительного устройства напряжением до 1000 В.

В настоящее время трансформаторные подстанции напряжением 35—220 кВ часто выполняют по упрощенным схемам без выключателей на стороне высшего напряжения. Для таких подстанций вместо выключателей применяют отделители и короткозамыкатели или силовые предохранители.

Электропромышленность серийно изготавливает комплектные трансформаторные подстанции напряжением 35/6—10, 110/6—10 и 110/35/6—10 кВ с одним и двумя трансформаторами без выключателей на стороне высшего напряжения.

§ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Эксплуатация электрооборудования распределительных устройств складывается из осмотров, профилактических испытаний и ремонтов.

Периодичность осмотров распределительных устройств. Для наружного осмотра не требуется отключать оборудование. В процессе осмотра проверяют состояние электрооборудования, выявляют неисправности и принимают меры к их устранению.

Периодичность осмотра устанавливают в зависимости от типа устройства, его назначения и формы обслуживания. Примерные сроки осмотров устанавливают следующим образом.

1. В распределительных устройствах, обслуживаемых сменным персоналом, дежурящим на самой подстанции или на дому, — ежедневно.

При неблагоприятной погоде (мокрый снег, туманы, сильный и продолжительный дождь, гололед и т. п.), а также после коротких замыканий и при появлении сигнала о замыкании на землю в сети проводят дополнительные осмотры. Рекомендуется один раз в неделю осматривать устройство в темноте для выявления возможных разрядов коронирования в местах повреждения изоляции и местных нагревов токоведущих частей.

2. В распределительных устройствах подстанций с высшим напряжением 35 кВ и выше, не имеющих постоянного дежурного персонала, график осмотра составляют в зависимости от типа устройства (закрытое или открытое) и от значения подстанции для энергосистемы. В этом случае осмотры выполняет начальник группы подстанций или назначенный для этого мастер не реже одного раза в месяц.

3. Трансформаторные подстанции и распределительные устройства электрических сетей 10 кВ и ниже, не имеющие дежурного персонала, осматривают не реже одного раза в шесть месяцев.

4. Внеочередные осмотры на объектах без постоянного дежурного персонала проводят в сроки, устанавливаемые местными инструкциями с учетом мощности короткого замыкания и состояния оборудования. Во всех случаях независимо от значения отключенной мощности короткого замыкания осматривают выключатель после

цикла не успешного АПВ и отключения короткого замыкания.

О всех неисправностях, замеченных при осмотрах распределительных устройств, делают запись в эксплуатационный журнал. Неисправности, которые угрожают нарушением нормальной работы, необходимо устранять в кратчайший срок.

Исправность резервных элементов распределительных устройств (трансформаторов, выключателей, шин и др.) нужно регулярно проверять, включая их под напряжение в сроки, установленные местными инструкциями. Резервное оборудование должно быть в любой момент готово к включению без какой-либо предварительной подготовки.

Периодичность очистки распределительных устройств от пыли и грязи зависит от местных условий и устанавливается главным инженером предприятия.

Особенности ухода за масляными выключателями. При наружном осмотре выключателя проверяют следующее: уровень масла в баках и отсутствие течи масла; состояние изоляторов (чистота поверхности и отсутствие видимых дефектов, трещин, подтеков заливочной мастики); нет ли следов выброса масла из газоотводов; целостность мембран аварийных клапанов; нет ли тресков и шумов внутри бака, на вводах, а также короны и разрядов; состояние механических креплений выключателя и привода; не нагреваются ли контактные соединения; состояние проводки вторичной коммутации, сборок зажимов и заземляющей проводки.

При осмотрах малообъемных выключателей особое внимание необходимо обращать на состояние наконечников контактных стержней, целостность гибких медных компенсаторов, фарфоровых тяг выключателей (типа ВМГ). Если уровень масла в цилиндрах выключателя ниже допустимого (нижней черты маслоуказателя), выключатель должен быть выведен из работы для доливки масла.

Если масло в выключателе потемнело или его нет в масломерном стекле, выключатель должен быть выведен из работы для замены масла. При этом ток нагрузки разрывают другим выключателем или снижают нагрузку на выключателе до нуля. Если при осмотре обнаружен обрыв одной, двух или трех тяг выключателя ВМГ, его следует немедленно вывести из работы.

Ненормальный нагрев дугогасительных контактов

малобъемных выключателей вызывает потемнение и подъем уровня масла в маслоуказательном стекле, а также характерный запах. Если температура бачка выключателя превышает 70°C , выключатель следует вывести в ремонт.

В местностях с минимальной температурой ниже -20°C выключатели оборудуют автоматическим устройством для подогрева масла в баках. Выключатели наружной установки напряжением 35—110 кВ нельзя включать вручную.

Особенности осмотра комплектных распределительных устройств. При эксплуатации КРУ запрещается отвинчивать съемные детали шкафа, поднимать и открывать автоматические шторы при наличии напряжения в тех местах, доступы в которые закрывает шторка. В шкафах КРУ выкатного типа для заземления отходящих линий при помощи заземляющих разъединителей, встроенных в КРУ, нужно сделать следующее: отключить выключатель, выкатить тележку, проверить отсутствие напряжения на нижних разъединяющих контактах, включить заземляющий разъединитель, поставить тележку в испытательное положение.

Предохранители в шкафу трансформатора собственных нужд можно менять только при снятой нагрузке. При проведении работы внутри отсека выкатной тележки на автоматической шторке необходимо вывешивать плакат: «Стоять, опасно для жизни!», «Под напряжением».

Выкатывать тележку с выключателем и устанавливать ее в рабочее положение может только оперативный персонал. Вкатывать тележку в рабочее положение разрешается только при отключенном положении заземляющего разъединителя. В шкафах КРУ, где связь вторичных цепей выкатной тележки с корпусом осуществляется штепсельным разъемом типа СШР, на вставке и колодке наносят риски красного цвета. При полном сочленении разъема соединительную гайку навинчивают до положения, когда остается один виток разъема, штырь входит в гнездо примерно на 6 мм, при этом сочленение разъема будет надежное.

Особенности ухода за разъединителями. При регулировании механической части трехполюсных разъединителей проверяют одновременность включения ножей. При регулировании момента касания и вжатия подвижных ножей изменяют длину тяги или хода ограничителей и

упорных шайб либо слегка перемещают изолятор на цоколе или губки на изоляторе. При полном включении нож на 3—5 мм не должен доходить до упора контактной площадки. Наименьшее усилие вытягивания одного ножа из неподвижного контакта должно составлять 200 Н для разъединителей на номинальные токи 400—600 А и 400 Н для разъединителей на номинальные токи 1000—2000 А. Плотность прилегания контактов разъединителя контролируют по значению сопротивления постоянному току, которое должно быть в следующих пределах (мкОм):

для разъединителей РЛН 35—220 кВ на номинальный ток 600 А ... 220;

для остальных типов разъединителей на все напряжения с номинальным током 600 А ... 175;

1000 А ... 120;

1500—2000 А ... 50.

Контактные поверхности разъединителей в процессе эксплуатации смазывают нейтральным вазелином с примесью графита. Трущиеся части привода покрывают незамерзающей смазкой. Состояние изоляторов разъединителей оценивают по сопротивлению изоляции, распределению напряжения на отдельных элементах штыревых изоляторов или по результатам испытания изолятора повышенным напряжением промышленной частоты.

Блок-контакты привода, предназначенные для сигнализации и блокировки положения разъединителя, должны быть установлены так, чтобы сигнал об отключении разъединителя начал действовать после прохождения ножом 75% полного хода, а сигнал о включении — не ранее момента касания ножом неподвижных контактов.

Особенности ухода за короткозамыкателями и отделителями. Короткозамыкатели и отделители ремонтируют не реже двух раз в год, а также после аварийных отключений. Изоляторы очищают чистыми тряпками (без ворса), смоченными в бензине. Проверяют состояние контактов и при обнаружении следов обгорания контакты зачищают или заменяют. Старую смазку с трущихся поверхностей механизма удаляют и тонким слоем наносят новую (в зимнее время НК-30 или ГОИ-54 с 10%-ной присадкой графита), подтягивают болты и гайки на подводящем проводе и в других местах крепления.

Внеплановые ремонты проводят в случае обнаружения внешних дефектов, нагрева контактов или неудов-

летворительного состояния изоляции. Наладка короткозамыкателя и отделителя заключается в проверке работы привода на включение и отключение, проверке положения ножей и завода отключающей пружины для привода ШПО с блокирующим реле БРО, регулировке хода сердечников электромагнитов и реле.

Продолжительность движения подвижных частей короткозамыкателя на напряжение 35 и 110 кВ от подачи импульса до замыкания контактов должна быть не более 0,4 с, а отделителя от подачи импульса до размыкания контактов — соответственно 0,5 и 0,7 с.

В процессе эксплуатации отделителей и короткозамыкателей особое внимание следует уделять наиболее ненадежным их узлам: открытым или недостаточно защищенным от возможных загрязнений и обледенения пружинам, контактными системам и шарнирным соединениям, а также незащищенным подшипникам, выступающим с задней стороны.

Контроль состояния токоведущих частей и контактных соединений. Состояние токоведущих частей и контактных соединений шин и аппаратов можно выявить при осмотрах по внешним признакам: потемнению поверхности, испарению влаги с поверхности (при дожде), отсутствию снега на зажиме (при наличии его на других зажимах), по свечению или искрению контакта. Состояние этих частей можно определить также по температуре нагрева при помощи электротермометров или термосвечей и термоуказателей (термопленок).

Контакты сборных шин и ошиновки открытых распределительных устройств и подстанций проверяют методом измерения переходного сопротивления. Значение сопротивления участка шин в месте контактного соединения не должно превышать сопротивления цельной шины такой же длины более чем в 1,2 раза.

§ 3. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Эксплуатационные испытания. Эксплуатационными являются испытания при капитальных и текущих ремонтах и профилактические испытания, не связанные с выводом оборудования в ремонт. Их проводят в соответствии с «Объемами и нормами испытаний электрооборудо-

вания» и «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Профилактические испытания аппаратов распределительных устройств проводят в следующие сроки:

а) масляных выключателей и их приводов, приводов дистанционного управления разъединителями одновременно с капитальным ремонтом, а маслонаполненных баковых измерительных трансформаторов не реже одного раза в 3 года;

б) бстонных реакторов, конденсаторов связи, статических конденсаторов не реже одного раза в 3 года;

в) штыревых изоляторов 6—10 кВ, шинных мостов и изоляторов типа ШТ-30 не реже одного раза в год; штыревых изоляторов типов ШТ-35, ИШД-35 и ОС-1 не реже одного раза в 2 года; остальных аппаратов и подвесных изоляторов не реже одного раза в 6 лет;

г) контактов соединений шин и присоединений к аппаратуре не реже одного раза в 3 года.

При наличии дефектов в оборудовании сроки между испытаниями сокращаются и дополнительно определяют-ся техническим руководителем предприятия.

Рассмотрим особенности профилактических эксплуатационных испытаний электрооборудования распределительных устройств. Профилактические эксплуатационные испытания электрооборудования сводятся в основном к проведению испытаний изоляции и измерению переходных сопротивлений контактов различной аппаратуры. Профилактические испытания изоляции в условиях эксплуатации необходимы для того, чтобы выявить дефекты, которые нельзя обнаружить путем внешнего осмотра. Эти дефекты не нарушают нормальной работы оборудования, но в дальнейшем могут привести к аварии в установке.

Профилактическим испытаниям с целью проверки состояния изоляции подвергаются опорные и проходные изоляторы, линейные выводы, аппаратные изоляторы разъединителей и предохранителей, выключатели, измерительные трансформаторы, разрядники и т. п. В объем испытаний изоляции входит: измерение сопротивления изоляции диэлектрических потерь, тока утечки и испытание повышенным напряжением.

Изоляция может быть подвергнута испытанию повышенным напряжением только при положительных результатах предшествующих проверок. Испытание повышенным напряжением обязательно для электрооборудо-

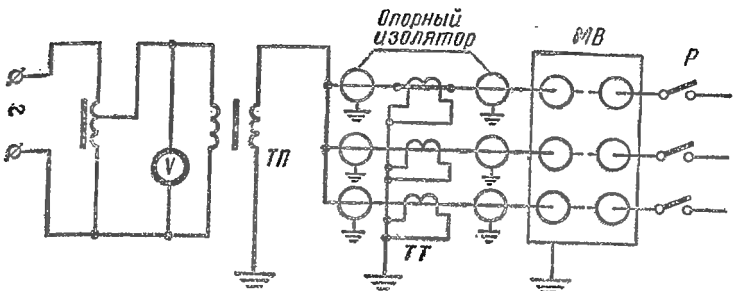


Рис. 11. Принципиальная схема испытания изоляции ячейки КРУ:

ТТ — трансформатор тока; МВ — масляный выключатель; Р — разъединитель; ТП — трансформатор повысительный.

вания напряжением 35 кВ и ниже, а при наличии испытательных устройств и для оборудования напряжением выше 35 кВ, за исключением случаев, оговоренных нормами. Изоляторы и оборудование с номинальным напряжением, превышающим номинальное напряжение установки, в которой они эксплуатируются, можно испытывать повышенным напряжением по нормам, принятым для класса изоляции данной установки.

В качестве испытательного напряжения используют обычно напряжение промышленной частоты. Продолжительность действия испытательного напряжения для гигроскопической изоляции составляет 5 мин, для всех остальных видов изоляции — 1 мин. В тех случаях, когда изоляцию испытывают как переменным, так и выпрямленным напряжением, испытание выпрямленным напряжением должно предшествовать испытанию переменным напряжением.

Изоляция считается выдержавшей испытание повышенным напряжением в том случае, если не было пробоя, выделений газа или дыма, резкого снижения напряжения, возрастания тока через изоляцию и ее местного нагрева.

Особенности испытания изоляции ячеек и сборных шин. Испытание изоляции ячеек и сборных шин проводят комплексно для всего оборудования, смонтированного в ячейке: опорных и проходных изоляторов, трансформаторов тока, разъединителей, выключателей, реакторов. В этих испытаниях не участвуют силовые кабели, перед

испытанием их отъединяют. Схема испытания изоляции ячейки приведена на рисунке 11. Значение испытательного напряжения составляет 32 и 43 кВ соответственно для КРУ 6 и 10 кВ и 47, 110 и 295 кВ для наружных РУ напряжением соответственно 10, 35 и 110 кВ. Испытанию можно подвергать одновременно все три фазы относительно земли при включенном выключателе по данной схеме.

При испытании ячеек с однобаковым масляным выключателем (МВ) следует испытывать каждую фазу при заземленных двух других фазах и одновременном испытании междуфазовой изоляции МВ.

Если ячейка отключена от шин для испытания, но на момент испытания шины находятся под напряжением, необходимо соблюдать изоляционные расстояния по воздуху между ножами и губками отключенного шинного разъединителя.

Особенности испытания опорной и подвесной изоляции. Испытание повышенным напряжением можно проводить для каждого изолятора в отдельности (рис. 12) или нескольких изоляторов одновременно (рис. 13). Значение приложенного испытательного напряжения на каждый элемент штыревого изолятора и подвесной гирлянды должно быть равно 50 кВ.

Нормы на испытательные напряжения переменного тока для изоляторов проходного типа, а также одноэлементных опорных изоляторов приведены в таблице 5.

Для выявления дефектов подвесных и опорных изоляторов подстанций в условиях эксплуатации измеряют распределение напряжения по изоляции при помощи специальной штанги. Метод основан на измерении на-

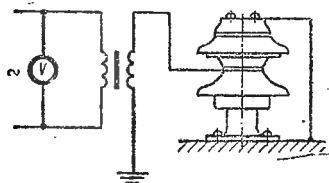


Рис. 12. Принципиальная схема испытания отдельного изолятора повышенным напряжением.

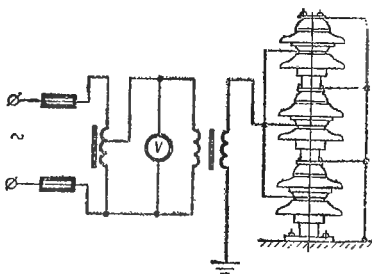


Рис. 13. Принципиальная схема испытания нескольких изоляторов подвесной гирлянды повышенным напряжением.

Наименование аппаратов	Значения испытательного напряжения (кВ) промышленной частоты для изоляторов на напряжение, кВ				
	6	10	20	35	110
Опорные, проходные изоляторы для аппаратов и трансформаторов наружной установки при испытании отдельно от аппарата	46	60	73	105	285
Опорные и проходные изоляторы для аппаратов и трансформаторов внутренней установки при испытании отдельно от аппарата	42	55	66	100	—
Проходные и опорные изоляторы при испытании совместно с аппаратом, трансформаторы тока	42	55	66	95	260

пряжения, которое приходится на каждый изолятор гирлянды (колонки) или на каждый элемент изолятора. Для каждой гирлянды, состоящей из однотипных изоляторов, и для каждого типа изолятора, состоящего из отдельных элементов, распределение рабочего напряжения носит вполне определенный характер. Если в гирлянде или колонке есть дефектный изолятор, распределение напряжения резко меняется. Изолятор подлежит замене, если значение приходящегося на него напряжения, измеренное штангой, снизилось по сравнению с напряжением, приходящимся на годный изолятор, в 1,5—2 раза.

Методика испытания изоляции выпрямленным напряжением аналогична методике при испытаниях переменным напряжением, однако при этом дополнительно ведётся контроль за силой тока утечки. Ток, проходящий через изоляцию при испытаниях выпрямленным напряжением, в большинстве случаев не превышает 5—10 мА, что обуславливает небольшую мощность испытательного трансформатора. Испытание изоляции выпрямленным напряжением проводят при помощи специальных испытательных аппаратов АКИ-50, АИИ-70 и АИИМ-72.

Особенности испытания вентильных разрядников. Основной контроль за состоянием разрядника заключается

в ежегодном измерении его токов проводимости и напряжения пробоа. Резкое снижение тока проводимости указывает на обрыв цепи шунтирующих сопротивлений, а его резкое возрастание — на отсыревание керамических шунтирующих сопротивлений в результате проникновения в полость разрядника влаги (нарушение герметизации).

Согласно ПУЭ, испытательное напряжение для разрядников РВС-3, РВС-6, РВС-10 и РВС-30 составляет соответственно 4, 6, 10 и 24 кВ, а для разрядников типа РВП-3, РВП-6 и РВП-10 — соответственно 4, 6 и 10 кВ.

Особенности испытания высоковольтных маслонаполненных, мастикаполненных и бакелитовых изоляторов. При испытании этих изоляторов необходимо при помощи мостов типа МД-16, МДП, Р595 измерять диэлектрические потери или пропорциональный им тангенс угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$, который и служит одной из основных характеристик состояния их изоляции, устойчивости к тепловому пробою и увлажненности. При этом предельное значение тангенса угла диэлектрических потерь вводов не должно быть более значения, установленного «Объемом и нормами испытаний электрооборудования».

Таблица 6

Тип изолятора	Предельные значения (%) диэлектрических потерь $\operatorname{tg} \delta$ изоляторов при номинальном напряжении, кВ			
	3—15	20—35	60—110	154—220
Вводы и опорные бакелитовые изоляторы	5 12	2,5 9	2 5	— —
Маслонаполненные вводы	— —	3 8	2 7	2 6
Маслонаполненные бакелитовые вводы	5 12	2,5 10	2 8	— —

Значение $\operatorname{tg} \delta$ изоляции вводов и изоляторов при температуре $+20^{\circ}\text{C}$ не должно превышать значений, указанных в таблице 6.

Вводы, у которых $\operatorname{tg} \delta$ превышает приведенные значения, необходимо заменить.

§ 4. ЭКСПЛУАТАЦИЯ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Вновь смонтированные устройства релейной защиты и приборы перед вводом в работу должны пройти наладку и приемные испытания. Работу по наладке, проведенную специализированной наладочной организацией, принимает местная служба релейной защиты, автоматики, измерений и телемеханики (МСРЗАИТ).

При сдаче в эксплуатацию устройств релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичных цепей оперативному персоналу в течение 1—2 месяцев передается следующая документация:

- а) проектная документация, скорректированная при монтаже и наладке (чертежи, пояснительные записки, кабельный журнал);
- б) заводская документация (инструкции, паспорта оборудования и аппаратуры и т. п.);
- в) протоколы наладки и испытаний и исполнительные принципиально-монтажные схемы устройств;
- г) данные о выполненных уставках;
- д) инструкции по эксплуатации устройств для оперативного персонала, в которых сформулированы условия и порядок ввода в работу и вывода из работы этих устройств защиты, перечислены испытательные блоки, съемные накладки, рубильники и т. п., которыми при этих операциях должен пользоваться оперативный персонал, порядок переключения устройств с одних трансформаторов напряжения на другие, указания о порядке изменения уставок соответствующих устройств в зависимости от режима работы и схемы первичных соединений, порядок и сроки проведения периодических операций контроля неисправности или опробования и т. д.

В местной службе РЗАИТ на каждое присоединение или устройство релейной защиты, электроавтоматики и телемеханики, находящееся в эксплуатации, должна иметься, помимо указанной выше, следующая техническая документация:

- а) паспорт-протокол устройства;
- б) инструкции по эксплуатации для персонала МСРЗАИТ (по каждому типу устройства);
- в) данные о селективности в виде карт, таблиц, уставок и характеристик для реальных режимов работы электростанции или электросети.

Протоколы и исполнительные схемы готовит либо наладочная организация, либо местная служба РЗАИТ, в зависимости от того, кто проводил наладку. В равной степени допускается пользоваться как исполнительными принципиальными и монтажными схемами, так и исполнительными принципиально-монтажными.

Все изменения в схемах действующих устройств должны быть отражены в технической документации. Паспорт-протокол представляет собой основной документ учета состояния каждого устройства релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики. Его составляют на основе данных наладки и приемных испытаний, а затем в него записывают результаты всех эксплуатационных проверок, как плановых, так и послеаварийных.

Данные о селективности составляют в виде карт, таблиц уставок и характеристик. Например, карта уставок по форме представляет собой упрощенную схему электрических соединений, на которой условными обозначениями показаны установленные устройства релейной защиты, автоматики с нанесением основных уставок и параметров срабатывания (токов, напряжений, сопротивлений, выдержек времени и т. д.).

Все перечисленные документы служат не только для оценки селективности, чувствительности и взаимодействия, в том числе и резервирования установленных устройств релейной защиты и электроавтоматики при различных нарушениях, но и для проверки допустимости того или иного режима работы оборудования и линий электропередачи по условиям принятой настройки устройств релейной защиты и электроавтоматики.

Персонал, обслуживающий аппаратуру релейной защиты и автоматики, должен помнить, что реле и вспомогательные устройства защиты, автоматики и телемеханики должны быть запломбированы, за исключением тех, характеристики которых дежурный персонал может изменять в зависимости от режима работы и схемы соединений. Запломбированные устройства разрешается вскрывать только работникам ЦС и МС РЗАИТ. Изменение уставок защиты записывают в журнале уставок и учета действия защиты.

На щите управления должен находиться журнал, в котором пишут обо всех изменениях в схемах вторичных цепей, замене аппаратуры, установленной на щите управ-

ления, об изменениях характеристик реле, опробовании реле и т. п.

При неуспешном АПВ оперативному персоналу разрешается повторно включать (дистанционно, при помощи телеуправления) отключившиеся выключатели линий, шин и трансформаторов без предупреждения потребителей и осмотра оборудования. Исключение составляют линии, шины и трансформаторы, на которые может быть подано несинхронное напряжение с недопустимым толчком тока, а также отключившиеся под действием защиты от внутренних повреждений.

Дежурный персонал не должен вмешиваться в работу автоматических устройств. Только в случаях, когда средствами автоматики не восстановилось электроснабжение, персонал вручную восстанавливает нормальное положение.

Устройства релейной защиты, электроавтоматики, телемеханики и вторичные цепи следует периодически проверять согласно действующим инструкциям.

Полные плановые проверки релейной защиты и вторичных цепей следует проводить не реже одного раза в 3 года (как правило, одновременно с ремонтом соответствующих первичных цепей и силового оборудования). Периодичность частичных проверок устанавливают в зависимости от местных условий (в промежутках между полными проверками).

Для проверки защитных устройств составляют годовой график, который утверждает главный инженер предприятия и службы релейной защиты и автоматики. При полной проверке защиты снимают вольт-амперные характеристики трансформаторов тока, выполняют на-

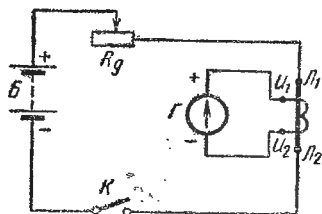


Рис. 14. Схема определения полярности выводов трансформаторов тока:

Б — батарея; Г — гальванометр; R_d — добавочное сопротивление; К — ключ; L_1 и L_2 — начало и конец первичной обмотки; U_1 и U_2 — то же, вторичной обмотки.

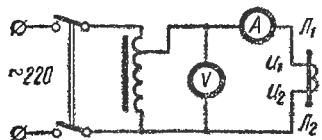


Рис. 15. Принципиальная схема снятия характеристики намагничивания трансформатора тока.

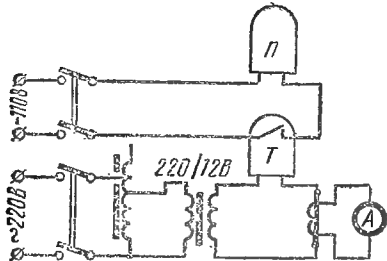


Рис. 16. Принципиальная схема испытания реле тока.

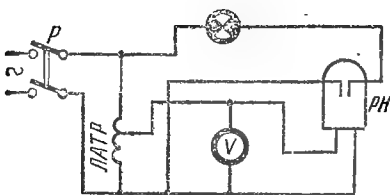


Рис. 17. Принципиальная схема испытания реле напряжения.

ладку реле, проверяют состояние вторичных цепей.

При плановых проверках осматривают трансформаторы тока, проверяют сопротивление их изоляции и снимают характеристику намагничивания. Если при проверке вынимают встроенные трансформаторы тока, то дополнительно проверяют полярность и коэффициент на разных отпайках их обмоток.

Полярность выводов обмоток трансформаторов тока легко проверить при помощи магнитоэлектрического прибора (рис. 14). Характеристика намагни-

чивания, то есть зависимость напряжения на зажимах вторичной обмотки трансформатора от проходящего по ней тока намагничивания, — это основная характеристика, определяющая исправность трансформатора тока, а также возможность его применения в различных схемах релейной защиты. Ее снимают по схеме, изображенной на рисунке 15, и сравнивают с ранее снятой характеристикой.

Для проверки коэффициента трансформации в первичную обмотку подают ток не менее 20% номинального. Коэффициент трансформации трансформатора тока определяют как отношение первичного тока ко вторичному и сравнивают с его номинальным значением.

Регулировку и измерение токов или напряжений срабатывания и возврата мгновенных реле тока и напряжения типа РТ-40 и аналогичных им выполняют при нагрузках на контакты, соответствующих действительным условиям работы схемы защиты. Каждое измерение повторяют не менее трех раз для определения разброса и оценки состояния подпятников. Если разброс превы-

шает 5% среднего значения, то необходимо проверить состояние концов оси и подпятников реле. Схема для снятия характеристики реле РТ-40 показана на рисунке 16, а реле напряжения — на рисунке 17. Проверку ведут на всех уставках реле.

После проверки шкалы проверяют контакты реле на отсутствие искрения и вибрации. Для этого реле подсоединяют к нагрузке, на которую оно работает в схеме, и поднимают напряжение на 30% выше фиксированного. Если не будет отмечено вибрации или искрения контактов, следует считать, что реле испытание выдержало.

Для проверки правильности подключения токовых цепей подают ток непосредственно в первичные обмотки трансформаторов тока. Эту проверку осуществляют после того, как завершены все работы на панели защиты и подключены все токовые цепи.

Завершающей является проверка защиты током нагрузки. Для того чтобы не отключалось оборудование, на котором установлена защита, ее выходные цепи отключают.

В объем частичных проверок входят измерение сопротивления изоляции, осмотр состояния аппаратуры и вторичных цепей, опробование действия защиты.

Сопротивление изоляции относительно земли электрически связанных цепей релейной защиты и всех других вторичных цепей для каждого присоединения нужно поддерживать на уровне не ниже 1 МОм, а для цепей, питающихся от отдельного источника напряжением 60 В и ниже, — на уровне не ниже 0,5 МОм.

§ 5. ВЕДОМСТВЕННАЯ И ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Надзор за измерительными приборами в процессе эксплуатации ведут органы ведомственного надзора данного предприятия.

Надзор должен осуществляться в соответствии с «Положением о ведомственном надзоре за измерительными приборами». Основные задачи ведомственного надзора — это организация и проведение периодических ведомственных проверок всех приборов, их отбраковка и своевременное предъявление на государственные проверки образцовых приборов, счетчиков и других приборов, подлежащих госповерке.

Согласно ПУЭ, образцовые счетчики следует подвергать государственной поверке каждый год, трехфазные счетчики — 1 раз в 2 года и однофазные бытовые — 1 раз в 5 лет. Кроме того, все указанные счетчики и приборы необходимо предъявлять на государственную поверку после каждого ремонта или регулировки и при отсутствии на них пломбы госповерки. В тех же правилах сказано, что все образцовые приборы подлежат государственным поверкам один раз в год. Все прочие приборы предприятия, на котором осуществляется ведомственный надзор, обязательной государственной поверке не подлежат.

Ведомственные поверки электроизмерительных приборов и счетчиков следует проводить согласно графикам не реже сроков, указанных в таблице 7.

Т а б л и ц а 7

Группа приборов	Периодичность поверки приборов
Щитовые приборы, по которым ведется режим основного оборудования	1 раз в 3 года
Остальные щитовые приборы	1 раз в 5 лет
Переносные приборы	1 раз в 2 года
Образцовые приборы	1 раз в 1 год
Генераторные счетчики, счетчики трансформаторов и отходящих линий	1 раз в 2 года
Остальные счетчики	Осмотр 1 раз в полгода

Все щитовые приборы, а также лабораторные и переносные необразцовые приборы всех классов проверяют органы ведомственного надзора данного предприятия или объединения. Кроме того, в промежутках между государственными поверками ведомственной поверке подвергаются все образцовые приборы (например, образцовые стрелочные приборы классов 0,1—0,2 при наличии потенциометрической установки).

Периодичность поверки приборов зависит от их класса точности, а также от степени важности и ответственности того или иного измерения. Так, щитовые приборы генераторов следует проверять более часто по сравнению с приборами на линиях к электроустановкам потребителей.

Распределение щитовых приборов по группам утверждает главный инженер предприятия.

Поверку приборов проводят по утвержденному графику, а также после каждого ремонта. График поверки составляют с учетом плана ремонтов основного оборудования. Поверку щитовых приборов и счетчиков обычно проводят на месте их установки без измерительных трансформаторов.

Для учета всех действующих приборов, а также для удобства ведения надзора за ними на все приборы — щитовые, лабораторные и переносные, а также на счетчики электроэнергии составляют паспорта. В паспорт записывают полную техническую характеристику прибора, место его установки и регулярно отмечают все виды ремонтов и поверок. Для щитовых приборов, особенно при их большом количестве, паспорта могут быть заменены журналом, в который заносят основные технические данные по прибору и результаты его поверки. Паспорта и журналы должны находиться в лаборатории местного органа ведомственного надзора.

§ 6. ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В УСТАНОВКАХ НАПРЯЖЕНИЕМ ВЫШЕ 1000 В

Переключения в распределительных устройствах электростанций и подстанций выполняют по письменному или устному (телефонному) распоряжению. В последнем случае распоряжение записывают в специальный журнал с указанием лица, от которого оно получено.

В случаях, не терпящих отлагательства (пожар, несчастный случай с людьми, стихийное бедствие), а также при ликвидации аварии допускается выполнять переключения без ведома вышестоящего персонала, но с последующим его уведомлением.

Лицо, отдающее распоряжение о выполнении переключений, обязано предварительно проверить по оперативной схеме последовательность предполагаемых операций. Распоряжение считается выполненным только после сообщения исполнителем лично или по телефону о его исполнении.

Все переключения в схемах распределительных устройств напряжением выше 1000 В должны делать два человека, один из которых непосредственно выполняет

переключения, а другой контролирует их правильность. Контролирующим лицом является старший по должности, имеющий квалификацию по технике безопасности не ниже IV группы. Квалификация выполняющего переключения должна быть не ниже III группы.

Операции с выключателями в комплектных распределительных устройствах (КРУ) и комплектных трансформаторных подстанциях (КТП), а также в установках напряжением до 1000 В разрешается выполнять дежурному электромонтеру, имеющему квалификацию не ниже IV группы, единолично.

Переносные заземления устанавливают и снимают два человека независимо от порядка оперативного обслуживания электроустановок. Одиночному дежурному разрешается устанавливать заземления единолично только при условии, если есть стационарные заземляющие ножи с механическим приводом.

Все простые переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 В, а также сложные переключения в распределительных устройствах, оборудованных полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, разрешается выполнять без бланка переключений.

При ликвидации аварий переключения делают без бланков, но все операции записывают в оперативный журнал. Все сложные переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 В выполняют по бланкам переключений установленной формы. Бланк переключения, составляемый для предупреждения возможных неправильных операций, представляет собой основной оперативный документ, определяющий содержание задания и последовательность выполнения особо опасных и сложных переключений. Бланки переключений необходимы для сложных переключений и для операций в схемах электроустановок напряжением выше 1000 В, когда РУ не оборудованы или оборудованы не полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями. В бланк переключений вносят не только операции с переключающими аппаратами, но и другие операции: включение и отключение оперативного тока; проверку установок на отсутствие напряжения; операции с защитой или спецавтоматикой; отключение и включение цепей питания защиты, измерительных приборов и автоматики; ввод и вывод АПВ,

АВР, АЧР; установку или снятие защитных переносных заземлений.

Бланк заполняют непосредственно перед началом переключений после получения распоряжения. Каждая операция, вносимая в бланк, должна иметь порядковый номер. Правильность записанных в бланк операций проверяют по оперативной схеме, которая должна точно отражать состояние оборудования на момент, предшествующий началу переключений. Заполненный бланк подписывают участники переключений и берут в РУ, где предстоит выполнять операции. Переключения по бланку выполняют в следующем порядке.

На месте переключений персонал проверяет по надписи наименование и название оборудования. Делать переключения по памяти без проверки надписи на оборудовании не разрешается. Убедившись в том, что аппараты выбраны правильно, контролирующий зачитывает по бланку подлежащую выполнению операцию. Производящий операцию повторяет ее содержание и, получив подтверждение контролирующего, выполняет ее. Для того чтобы исключить пропуск очередной операции, все переключения делают строго по бланку, изменять порядок переключений запрещается.

Если возникают сомнения в правильности выполнения операций, переключения прекращают, порядок операций проверяют по оперативной схеме и в случае необходимости заполняют новый бланк переключений. По окончании переключений персонал записывает в оперативный журнал все операции с коммутационными аппаратами, изменения в схемах релейной защиты и автоматики, операции по включению и отключению заземляющих ножей, установке и снятию переносных заземлений. Записи об установке и снятии заземлений подчеркивают в тексте цветными карандашами. Красным карандашом подчеркивают записи об установке заземления, синим — о снятии. Кроме того, при снятии какого-либо заземления под красной чертой сделанной ранее записи о его установке проводят синюю черту.

В суточную оперативную схему изменения вносят карандашом, чернилами или пастой красного цвета рядом с символом того коммутационного аппарата, положение которого изменилось в процессе переключений. Отключенное положение выключателей и разъединителей обозначают горизонтальными линиями (—), вклю-

ченное — вертикальными (|). Установленные переносные заземления отмечают графическим знаком «земля» с указанием номера заземления. При снятии заземлений знак перечеркивают.

К простейшим оперативным переключениям относятся отключение и включение кабельных и воздушных линий, отключение двигателей и т. д. При операциях с шинными и линейными разъединителями на линиях принят следующий порядок отключения: сначала отключают выключатель, затем линейные разъединители и только последними шинные. Такая последовательность диктуется тем, что в случае ошибочного отключения нагрузки разъединителем релейная защита отключит выключатель данного присоединения; в противном случае на шинах распределительного устройства возникает короткое замыкание.

При включении линии сначала включают шинные разъединители, затем линейные и после этого выключатель. Необходимо всегда помнить о том, что ошибочные действия с шинными разъединителями вызывают более тяжелую аварию, чем с линейными.

§ 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ПОДСТАНЦИЙ

При осмотре мачтовых подстанций с земли проверяют состояние предохранителей, разъединителей и привода к нему, изоляторов, крепление проводов и ошиновки, заземляющих спусков и контактов, крепление и взаимное расположение проводов высшего и низшего напряжения, состояние конструкции подстанции и бандажей, наличие и состояние предупредительных плакатов, а также целостность замков и лестниц. Для проведения эксплуатационных проверок мачтовую подстанцию отключают.

Внешний осмотр с земли без снятия напряжения делают один раз в 6 месяцев. При этом запрещается подниматься на площадку подстанции и лестницу. Все замеченные неисправности записывают в листок обхода.

Работы на подстанции, не связанные с подъемом выше площадки, на которой установлен трансформатор (замена плавких вставок, осмотр трансформатора и т. п.), разрешается проводить после отключения разъединителя и заземления отключенной части подстанции без отключения высоковольтной линии. При выполнении работ,

связанных с подъемом выше уровня верхней площадки (работа с разъединителем, замена трансформатора, смена изоляторов, проверка разрядников и пр.), нужно отключать питающую высоковольтную линию и устанавливать переносные защитные заземления как в месте отключения линии, так и на подстанции, где ведутся работы.

Эти работы выполняют по наряду не менее двух работников; один из них должен иметь квалификационную группу не ниже IV, а второй не ниже III.

Текущий ремонт мачтовых подстанций делают по мере необходимости. В настоящее время для электрификации сельского хозяйства широко применяются комплектные трансформаторные подстанции (КТП). Обслуживание комплектной трансформаторной подстанции и уход за ней ведут линейные электромонтеры электропитающей организации.

Дежурному электромонтеру, обслуживающему электропотребителей, вручают ключи только от дверцы со стороны низшего напряжения (0,4 кВ). В обязанности дежурного электромонтера входит обслуживание потребителей, а также периодический осмотр части КТП (со стороны низшего напряжения) и уход за ней.

Во время ремонта и замены вышедших из строя приборов, аппаратов и предохранителей разъединитель обязательно отключают.

После срабатывания автомата от перегрузки или короткого замыкания повторно его включают только спустя 15 минут, в течение которых остывает его тепловой элемент. Осматривают автоматы один раз в месяц, а также после каждого отключения короткого замыкания.

При температуре окружающего воздуха ниже 0° включают нагревательный элемент. Неисправные патроны высоковольтных предохранителей заменяют только после отключения подстанции как со стороны высшего, так и со стороны низшего напряжения.

§ 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В процессе эксплуатации заземляющие устройства периодически осматривают, проверяют, определяют значение их сопротивлений и делают вывод об исправности этих устройств.

Измерение сопротивления заземляющих устройств и выборочную проверку их соединений (со вскрытием грунта для осмотра элементов заземляющего устройства, находящихся в земле) на электростанциях и подстанциях проводят через год после включения в эксплуатацию, а затем один раз в 6 лет.

На участках заземляющих устройств, подверженных интенсивной коррозии, эти измерения делают более часто. После переустройства или капитального ремонта заземляющих устройств их сопротивления измеряют внепланово. После каждого ремонта оборудования проверяют целостность цепи между заземлителями и заземленным оборудованием, а также состояние пробивных предохранителей. Надежность соединений естественных заземлителей контролируют после каждого их ремонта.

§ 9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Для безопасного выполнения переключений в распределительном устройстве персонал должен строго соблюдать следующий порядок операций:

- 1) отключение токоведущих частей, на которых предполагается проводить работы;
- 2) отключение токоведущих частей, к которым не исключено случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние;
- 3) принятие мер, препятствующих ошибочной подаче напряжения к месту работ;
- 4) установка предупредительных плакатов;
- 5) установка временных ограждений из изолирующих материалов;
- 6) проверка всех зажимов отключенного оборудования и всех выводов выключателя на отсутствие напряжения;
- 7) заземление и закорачивание отключенных токоведущих частей со всех сторон, откуда может быть подано напряжение;
- 8) установка на месте работы плаката «Работать здесь!».

Отключение нужно сделать так, чтобы между отключаемыми и токоведущими частями, находящимися под напряжением, были разрывы, видимые со всех сторон.

Токоведущие части, к которым можно случайно прикоснуться или приблизиться на опасное расстояние, отключают тогда, когда расстояние от места проведения работ до этих частей менее следующих значений: для номинального напряжения до 15 кВ включительно — 0,7 м, до 35 кВ — 1 м, до 110 кВ — 1,5 м, до 154 кВ — 2 м, до 220 кВ — 3 м.

Особое внимание необходимо обращать на возможность обратного трансформирования низшего напряжения через трансформаторы. Чтобы этого не случилось, силовые и измерительные трансформаторы, относящиеся к отключаемому оборудованию, отключают также со стороны низшего напряжения. С целью предупреждения самопроизвольного или ошибочного включения выключателей и разъединителей в силовых цепях дистанционных приводов отключенных разъединителей вынимают предохранители на обоих полюсах. Все приводы разъединителей, доступные посторонним лицам, запирают на замок.

На всех ключах управления и приводах выключателей и разъединителей, при помощи которых может быть подано напряжение к месту работ, выполняющий отключение вывешивает плакаты: «Не включать — работают люди!». При работах на линии на приводах линейных разъединителей вешают плакаты: «Не включать — работа на линии!».

На схеме диспетчера, руководящего отключением, вывешивают столько плакатов, сколько работает бригад.

Временным ограждением могут служить специальные сплошные или решетчатые деревянные ширмы, изделия из миканита, резины и других изолирующих материалов, находящиеся в сухом состоянии и хорошо укрепленные. Расстояние от временных ограждений до токоведущих частей должно быть не менее следующих значений: 0,35 м при номинальном напряжении до 15 кВ включительно; 0,6 м при напряжении выше 15 кВ до 35 кВ включительно; 1,5 м при напряжении до 110 кВ; 2 м при напряжении до 154 кВ; 3 м при напряжении до 220 кВ.

Необходимость установки ограждений, их вид, способ установки определяют в зависимости от местных условий и характера работ. На временных ограждениях вывешивают плакаты: «Стоять — высокое напряжение!».

После установки предупредительных плакатов и временных ограждений персонал подготавливает комплект переносных заземлений, присоединяет их к заземляющей проводке и затем проверяет части установки, предназначенной для работы, на отсутствие напряжения.

Для проверки на отсутствие напряжения применяют указатель напряжения. Непосредственно перед проверкой убеждаются в исправности указателя, приблизив его к токоведущим частям, расположенным поблизости и заведомо находящимся под напряжением. Эти проверки проводят в диэлектрических перчатках. При проверке на отсутствие напряжения в открытых распределительных устройствах напряжением 35 и 110 кВ к рабочей части указателя, навинченного на штангу, пристраивают искровой промежуток. Если есть напряжение, то появляются световой и звуковой сигналы (характерный треск). Эту проверку делают только в сухую погоду. Проверив установку на отсутствие напряжения, заземляют и закорачивают токоведущие части всех фаз, на которых будут проводиться работы или от которых может быть подано напряжение на отключенную для работы часть установки.

Заземление устанавливают непосредственно после проверки на отсутствие напряжения. При этом не допускается накладывать заземление, предварительно не присоединив его к заземляющему устройству. Зажимы переносного заземления накладывают при помощи штанги из изоляционного материала на заземляемые токоведущие части всех фаз, затем зажимы надежно присоединяют этой же штангой или непосредственно руками в диэлектрических перчатках. После наложения заземления на месте работ вывешивают плакат: «Работать здесь!». Временные переносные заземления выполняют из голых, гибких многожильных проводов сечением не менее 25 мм², проверенных на термическую устойчивость.

При снятии заземления его сначала снимают с токоведущих частей, а затем отъединяют от заземляющего контура. Наряд на работу закрывают после осмотра оборудования и места, где проводилась работа. Только после закрытия наряда включают оборудование в работу, предварительно выполнив следующие операции:

- 1) отключение заземляющих ножей или снятие переносных заземлений;

2) проверку изоляции;

3) удаление временных ограждений и предостерегающих плакатов;

4) установку на место постоянных ограждений и снятие всех плакатов, вывешенных до начала работ.

Если на отключенной установке работало несколько бригад, то включать ее можно только после закрытия всех нарядов.

Исправность изоляции включаемого после ремонта оборудования проверяют мегомметром. Это позволяет выявить дефект изоляции, который трудно обнаружить осмотром.

Если обнаружено замыкание на землю, то до отключения поврежденного участка в закрытых РУ нельзя приближаться к месту повреждения на расстояние менее 5 м, а на открытых подстанциях — на расстояние 10 м. Исключение составляют случаи, когда необходимо принять меры для ликвидации замыкания на землю или оказать первую помощь пострадавшим. В этих случаях персонал должен быть очень осторожным и пользоваться всеми необходимыми защитными средствами.

При несчастных случаях с людьми снять напряжение соответствующей части установки можно без разрешения вышестоящего оперативного персонала.

Контрольные вопросы

1. С какой целью, в какие сроки и в какой последовательности проводят осмотры распределительных устройств?

2. В чем заключаются особенности эксплуатации комплектных распределительных устройств?

3. Сформулируйте основные правила ухода за выключателями, разъединителями и отделителями.

4. Каковы особенности ухода за токоведущими частями и контактными соединениями?

5. В чем заключается организация наладки и приемных испытаний релейной защиты?

6. Объясните назначение ведомственной и государственной поверок измерительных приборов.

7. Как проверяют однополярные зажимы трансформаторов тока?

8. С какой целью проводят профилактические испытания электрооборудования РУ?

9. Какие методы испытаний используют для определения степени увлажнения изоляции электрооборудования РУ?

10. Как испытывают изоляцию повышенным напряжением переменного тока?

11. В каких случаях целесообразно испытывать изоляцию повышенным напряжением постоянного тока?

12. В чем заключается особенность профилактических испытаний подвесной и опорной изоляции со снятием напряжения, без снятия напряжения?

13. Каковы особенности измерения диэлектрических потерь изоляции электрооборудования РУ?

14. Какими аппаратами выполняют оперативные переключения в первичных электрических соединениях?

15. Какой установлен порядок наложения переносного заземления?

16. Для чего служит бланк переключений?

17. Каким осмотрам и испытаниям подвергаются заземляющие устройства в эксплуатации?

18. Назовите основные меры безопасности при выполнении переключений в РУ.

19. Перечислите основные защитные средства, используемые в электрических установках напряжением до 1000 В и выше.

Практические занятия

Заполнить бланк переключений для заданной схемы, заполнить бланк наряда на проведение ремонтных работ в РУ напряжением выше 1000 В, выполнить оперативные переключения в распределительном устройстве. Бланк наряда и бланк переключений учащийся заполняет самостоятельно. Оперативные переключения выполняют под наблюдением преподавателя по индивидуальному заданию на специально оборудованном для этой цели распределительном устройстве в лаборатории или на схеме-макете.

§ 1. ВИДЫ, ОБЪЕМ И СРОКИ РЕМОНТОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В процессе эксплуатации электрооборудования проводят текущий и капитальный ремонты. Текущим называют минимальный по объему ремонт, при котором путем замены отдельной, как правило, небольшой детали или регулировки электрооборудования продляют срок его работы до очередного текущего или капитального ремонта. При текущем ремонте устраняют дефекты, выявленные во время осмотров.

В процессе текущего ремонта распределительных устройств делают следующее:

- а) осматривают все оборудование и чистят его;
- б) чистят помещение;
- в) проверяют крепление и подтяжку контактов ошиновки, заменяют поврежденные изоляторы;
- г) проверяют работу выкатных камер комплектных распределительных устройств и устраняют замеченные дефекты;
- д) проверяют заземляющее устройство и ответвления от него к аппаратуре;
- е) проверяют защитные релейные устройства и измерительные приборы;
- ж) берут пробы масла и доливают его во все маслонаполненные аппараты.

В объем капитального ремонта входит следующее:

- а) проверка вводов и внутренней изоляции выключателей, состояние подвижных и неподвижных контактов;

б) проверка надежности крепления контактов, камер, решеток, при необходимости смена контактов и дугогасительных устройств;

в) проверка состояния частей привода выключателей, пружин, болтов, гаек, состояния приводного механизма, проверка включения и отключения выключателей, регулировка контактов выключателей на одновременность включения, осмотр крышек, баков, подъемных устройств, выхлопных устройств, предохранительных клапанов, сигнальных и блокировочных контактов и шайб, разборка, прочистка и сборка масломерного устройства, доливка, замена и очистка масла;

г) проверка состояния подвижных и неподвижных контактов выключателей нагрузки и надежности их крепления, включения выключателя нагрузки, вхождения всех фаз в гасительную камеру, проверка щупом надежности сборки гасительной камеры и отсутствия зазоров между полукамерами, проверка пружин, болтов, гаек шплинтов, состояния приводного механизма и работы привода, исправности механизма автоматического отключения выключателя нагрузки при перегорании плавких вставок предохранителей, осмотр сигнальных и блокировочных контактов и шайб.

Плановый текущий ремонт проводят не реже одного раза в год. Все работы по текущему ремонту электрооборудования РУ выполняет персонал, обслуживающий данную электроустановку, за счет средств, отпущенных на текущий ремонт.

Капитальный ремонт масляных выключателей и их приводов делают не реже одного раза в 3 года. В зависимости от конструкции выключателя, числа выполненных им операций и мощности короткого замыкания в месте его установки период между капитальными ремонтами может быть удлинен. Внеочередной капитальный ремонт выключателей назначает ответственный за распределительное устройство. При этом он учитывает число отключений коротких замыканий, конструкцию выключателя, состояние масла, мощность короткого замыкания в месте установки выключателя, сопротивление контактов.

Капитальный ремонт разъединителей, заземляющих ножей, короткозамыкателей и отделителей и их приводов делают не реже одного раза в 3 года; ремонт разъединителей, требующий снятия напряжения с шин, про-

водят только при обнаружении неисправности разъединителя.

Остальные аппараты распределительных устройств подвергаются капитальному ремонту в соответствии с результатами профилактических испытаний, но не реже одного раза в 9 лет.

Капитальные ремонты проводят за счет средств, отпускаемых на восстановление изношенного оборудования. Чтобы не нарушить нормальную работу потребителей энергии, текущие и капитальные ремонты выполняют в строго определенные и заранее установленные сроки.

Не менее чем за месяц до вывода электрооборудования в капитальный ремонт уточняют объем работ. При этом просматривают и тщательно изучают все замечания по работе оборудования, отмеченные в ремонтных и эксплуатационных журналах, листках брака и аварий. Изучают также техническую документацию последнего капитального ремонта и проведенных после него текущих ремонтов.

При определении объема ремонтных работ учитывают работы по модернизации и усовершенствованию отдельных узлов, а также противоаварийные и другие мероприятия, разработанные на основе опыта эксплуатации аналогичного электрооборудования других объектов.

Намеченный объем капитального ремонта записывают в ведомость объема работ, на основании которой составляют технологический график капитального ремонта оборудования РУ. Этот график является документом, определяющим продолжительность отдельных работ, очередность их выполнения, плановые затраты труда и ответственных исполнителей. Технологический график ремонта составляют с расчетом обеспечения поточности отдельных операций и параллельности в общем комплексе ремонтных работ.

При составлении технологического графика определения объема ремонтных работ может быть сделан ориентировочный расчет продолжительности ремонта (время простоя электрооборудования в ремонте) по формуле

$$T_p = \frac{H_{вр} K_m}{Q K_{\pi}},$$

где T_p — продолжительность простоя оборудования в ремонте, сутки;

- $H_{вр}$ — норма времени, чел·ч;
 K_m — коэффициент метода ремонта, принимаемый при агрегатном методе, равным 0,5, а при индивидуальном — 1,0;
 Q — общее число часов работы всех членов бригады в течение суток, чел·ч/сутки;
 K_n — коэффициент превышения норм, установленный для данного предприятия, участка ремонтников.

Значение Q находят из выражения

$$Q = ntC,$$

где n — число рабочих в бригаде, занятой ремонтом;
 t — число рабочих часов в смене;
 c — число рабочих смен в сутки.

§ 2. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА

Для выполнения ремонтных работ в наиболее короткие сроки и с хорошим качеством предварительно делают следующее:

- 1) до начала ремонта подготавливают все запасные детали для замены пришедших в негодность; список этих деталей составляют на основании заранее подготовленной ведомости дефектов и объема ремонтных работ;
- 2) соответствующим службам предприятия делают заказы на выполнение сварочных, токарных и прочих работ;
- 3) подготавливают рабочие места с учетом специальностей рабочих, которые будут заняты на данном участке, проверяют и подготавливают необходимые приспособления и инструмент, улучшают освещение;
- 4) подготавливают аппараты и приборы для испытаний, контроля и проверок ремонтируемого оборудования;
- 5) подготавливают необходимую документацию на проведение ремонта. Перед ремонтом бригады, мастера и руководитель работ тщательно изучают всю техническую документацию по ремонту оборудования (ведомость дефектов, паспорта оборудования, акты предыдущих испытаний и др.), а также проект организации ремонта электрооборудования РУ. Ремонтный персонал изучает все чертежи по ремонту, производственные инструкции;

6) рабочее место ремонтного персонала обеспечивается средствами техники безопасности и проверенными средствами защиты.

Для лучшей организации ремонтных работ большое значение имеет научная организация труда (НОТ) и социалистическое соревнование. От того, как организован труд ремонтного персонала, зависит не только производительность труда рабочих, занятых ремонтом, но и результаты работы всего предприятия.

§ 3. НЕИСПРАВНОСТИ АППАРАТУРЫ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

На долю масляных выключателей приходится от 45 до 60% всех повреждений, причем при повышении напряжения абсолютная и относительная повреждаемость растет.

Анализ статистических данных показывает, что у выключателей напряжением 110—220 кВ наиболее слабым местом является изоляция, у выключателей —35 кВ и ниже — механическая система управления выключателем и привод. Устройства гашения дуги, выполняющие очень ответственные функции, выходят из строя относительно реже.

Вводы выключателей требуют тем большего внимания и ухода, чем выше номинальное напряжение установки. Они могут загрязняться и увлажняться. Чтобы предупредить повреждение ввода, в том числе и мастиконаполненного, нужно обеспечить герметичность внутренней полости и надлежащее качество мастики, особенно в отношении ее морозостойкости.

У выключателей на напряжение 10 кВ и ниже вводы и наружную изоляцию (например, опорные изоляторы у горшковых выключателей) выполняют, как правило, из сплошного фарфора. Такая изоляция отличается большой надежностью. Число повреждений из-за нарушения внутрибаковой изоляции невелико. Значительный процент повреждений масляных выключателей составляют контактные и дугогасительные устройства, которые работают в очень тяжелых условиях.

Статистика показывает, что чаще всего на сборных шинах повреждаются присоединенные к ним аппараты — измерительные трансформаторы и разрядники. Чем выше напряжение, тем больше этих повреждений. Следующими по частоте являются повреждения изоляций, число

которых также возрастает с повышением напряжения установки.

К сборным шинам непосредственно примыкают спуски к шинным разъединителям и сами разъединители. Повреждения этих элементов чаще всего бывают из-за ошибок персонала при переключении разъединителей и при наложении переносных заземлений. При этом повреждается и ошиновка спусков и разъединители. Повреждения из-за ошибок персонала в несколько раз превосходят число повреждений по всем другим причинам. Остальные повреждения спусков и разъединителей происходят из-за поломок и перекрытия изоляторов, нагрева соединений, поломки приводов.

На участке между выключателем и вводом линии чаще всего происходят повреждения трансформаторов тока и перекрытие изоляторов. В неисправном трансформаторе тока сопротивление его изоляции снижается больше чем на 40%. Неисправности трансформаторов тока на 35 кВ и выше (не встроенных в выключатель) обычно подобны неисправностям вводов выключателей. В трансформаторах напряжения наблюдаются витковые замыкания на вторичной обмотке и повреждение изоляции стяжных болтов.

Если ток холостого хода трансформатора напряжения оказался выше прежних значений, необходимо вскрыть трансформатор и внимательно осмотреть его.

Основной причиной нарушения эксплуатационной надежности вентильного разрядника является проникновение влаги в его внутреннюю полость и в особенности в область искрового промежутка. Отложение продуктов коррозии на электродах искровых промежутков уменьшает разрядное расстояние между ними (а в некоторых случаях приводит к закорачиванию части промежутков), что создает опасность их пробоя при незначительных коммутационных перенапряжениях или даже в нормальном режиме.

Перед ремонтом выключателей их чистят, проводят внешний осмотр и дефектацию. При разборке масляного выключателя сливают масло из баков, отделяют все соединения (шинные и гибкие связи) от контактных частей, отъединяют фарфоровые и другие тяги отключающих устройств, снимают цилиндры с опорных изоляторов (для горшковых малообъемных выключателей), отвертывают

болты и снимают крышки вместе с проходными изоляторами.

Подгоревшие контакты опиливают или заменяют новыми. Во включенном положении контакты должны быть плотно прижаты друг к другу при помощи пружин. Степень нажатия торцевых контактов регулируют перемещением контактодержателей неподвижных контактов вверх или вниз, а также ввинчиванием или вывинчиванием подвижного контакта. Степень нажатия контактов измеряют при помощи динамометра. Она задана заводом-изготовителем и указана в паспорте выключателя.

Для подгонки осей (центровка) в баковых выключателях перемещают подвижный контакт вдоль оси траверсы или поперек ее в прорезях контактодержателя, а также перемещают контактодержатель вдоль траверсы. Соприкосновение контактов проверяют при помощи краски. После окончания ремонта систему контактов повторно проверяют.

Ремонт масляного выключателя считается выполненным правильно, если все механические характеристики—ход подвижной части (траверсы), вжим контактов и разновременность замыкания и размыкания контактов—соответствуют заводским данным. Если повреждения изоляторов снижают их электрическую или механическую прочность, то их заменяют.

Регулировку привода выполняют следующим образом: а) измеряют ход подвижной части выключателя, включающих и отключающих устройств; б) измеряют заход за конечное положение и получающийся при этом зазор в запирающем устройстве и у ограничителей; в) проверяют действие механизма свободного расцепления; г) измеряют зазор между бойком отключающей катушки и рычагом отключающего устройства; д) испытывают изоляцию включающих и отключающих катушек, промежуточного реле. Полученные результаты сопоставляют с заводскими данными.

Для проверки привода после ремонта его многократно включают и отключают при пониженном напряжении оперативного тока. В ремонте любого привода есть свои особенности.

Например, у ручных приводов типа ПРБА основной операцией при ремонте является регулировка зацепления рычага 1 за релейную планку 7 (рис. 18), это регулируют винтом упора с лицевой стороны или удлинением тяги 4.

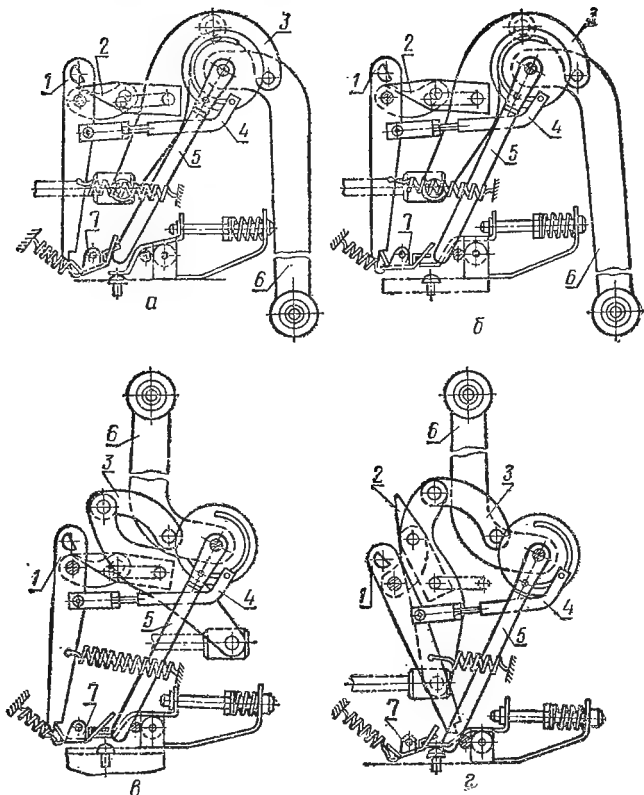


Рис. 18. Механизм привода ПРБА в разных положениях:

а — при заводе механизма; *б* — в исходном положении; *в* — во включенном положении; *г* — после отключения; 1 и 6 — рычаги управления; 2 — собачка; 3 — соединительное звено; 4 — тяга; 5 — рычаг фрикциона; 7 — релейная планка.

Затем проверяют зацепление собачки 2 за полуось рычага 1 при доведении рычага управления привода вниз до упора. Если зацепление происходит раньше, чем рычаг управления доходит до нижнего упора, то тягу от привода к выключателю следует укоротить.

Далее проверяют работу фрикционного сцепления рычага управления 6 привода с рычагом 5. На рисунке 19 показана конструкция фрикциона, который должен давать возможность рычагу 1 свободно двигаться снизу

вверх при включении выключателя и сверху вниз при повороте рычага управления приводом. За счет трения в фрикционе рычаг 5 (рис. 18) должен отклониться и повернуть планку 7 до ее расцепления с рычагом 1, после чего выключатель отключается.

Выключатель должен отключиться при повороте рычага управления привода сверху вниз на угол не более 10° , в противном случае следует поджать пружину 3 (рис. 19) фрикциона. Если пружина потеряла упругость, ее заменяют. Необходимо помнить, что детали 2 и 4 фрикциона не смазывают, чтобы не уменьшилось трение.

Механизм пружинных приводов ППМ-10 имеет следующие регулировочные элементы.

1. Тяга *I* с резьбой (рис. 20) регулируется так, чтобы при ручном и дистанционном отключении и при отключении от реле минимального напряжения (РНВ) 9 защелка аварийного блок-контакта (БКА) надежно отходила от диска, давая возможность контактам БКА повернуться.

2. Винт *II* предназначен для регулировки механизма включения, то есть глубины западания рычага 4 (рис. 21) за ролик удерживающего механизма 3, глубина эта должна быть около 1 мм. При заведенной пружине рычаг 4 свободно расходится с роликом, то есть складывает механизм. Регулировку проводят с таким расчетом, чтобы включающий электромагнит срабатывал при напряже-

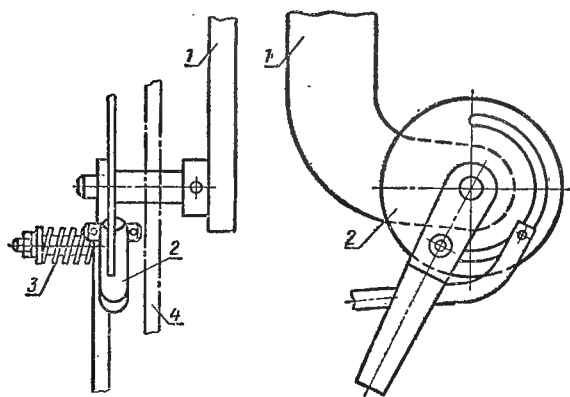


Рис. 19. Фрикцион привода ПРБА:

1 — рычаг управления; 2 — диск; 3 — пружина фрикциона; 4 — кожух привода.

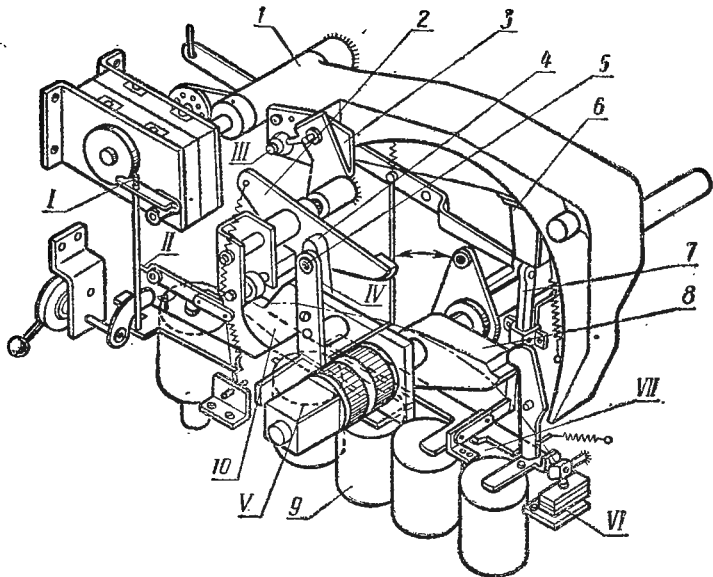


Рис. 20. Разрез пружинного привода ППМ-10:

1 — серповидный рычаг; 2 — ролик включающего механизма; 3 и 6 — планки; 4 — защелка; 5 — сектор; 7 — отключающий механизм; 8 — рычаг вала; 9 — реле РНВ; 10 — рычаг; I — тяга; II, III, IV, V, VI — регулировочные винты; VII — шлицы.

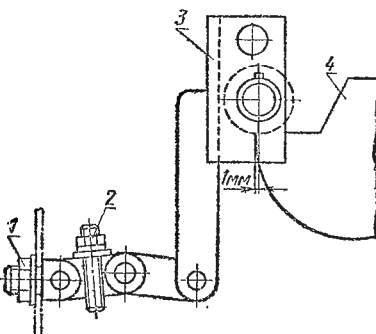


Рис. 21. Часть элементов привода ППМ-10:

1, 2 — гайки; 3 — удерживающий механизм; 4 — рычаг.

нии не выше 85% номинального. При заведенной пружине механизм включения, находясь под нагрузкой, не должен иметь люфта. При посадке рычага 4 на ролик устройства 3 скоба не должна отскакивать.

3. Винт III служит для регулировки завода планки 3 (рис. 20) серповидного рычага 1 планкой с сектором 5. Планка 3 должна быть отрегулирована так, чтобы при поднятом серповидном рыча-

ге 1 зазор между планкой 6 и роликом удерживающей стойки равнялся 3—5 мм (ударник не должен упираться в верхнюю стенку корпуса). При опущенном серповидном рычаге и заведенной пружине планка 3 должна свободно расходиться с сектором 5 рычага 10.

4. Винт IV служит для регулировки зацепления защелки 4 с рычагом 8 вала при включении выключателя. Глубина захвата должна находиться в пределах 6—7 мм.

5. Винт V предназначен для регулировки механизма завода РНВ. Шток реле при заводе должен обеспечивать замыкание механизма реле (РНВ) и фиксироваться в нижнем положении.

6. Винт VI предназначен для регулировки мертвой точки отключающего механизма 7 путем перемещения релейно-отключающей планки влево или вправо.

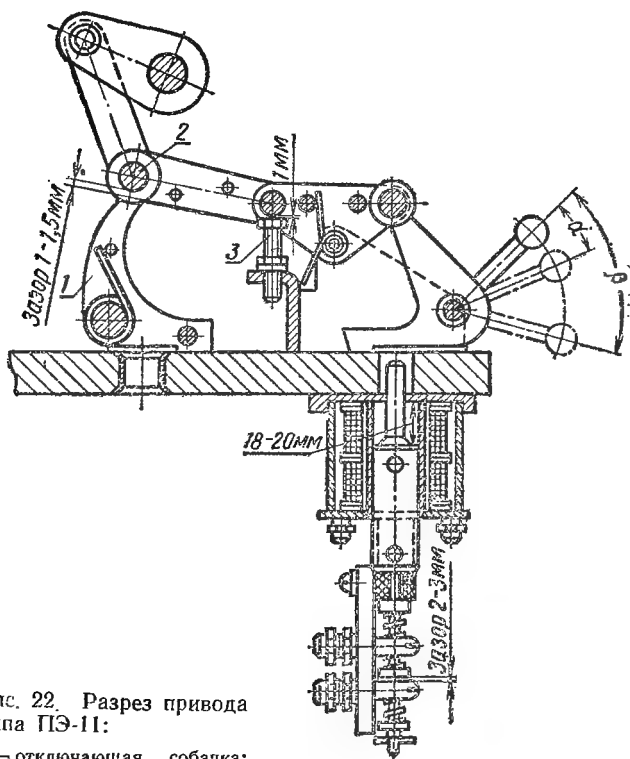


Рис. 22. Разрез привода типа ПЭ-11:

1 — отключающая собачка;
2 — ролик; 3 — болт

7. Шлицы VII позволяют перемещать подшипник таким образом, чтобы планка 6 при поднятом серповидном рычаге находилась в соответствующем положении. Опробование привода ППМ-10 проводят в такой последовательности.

При помощи стальной штанги, закрепляемой между двумя ввернутыми в штурвал болтами М-12, заводят пружину вручную (штурвал поворачивается против часовой стрелки) до наджного западания рычага 10 (рис. 20) за ролик включающего механизма 2.

Включение и отключение привода вручную проверяют четыре-пять раз. Включают питание оперативного тока и, подавая на электродвигатель кратковременные импульсы, заводят пружину. Это делают медленно, наблюдая за согласованностью моментов западания рычага за ролик механизма 2, за расцеплением отсечки, за автоматической остановкой двигателя.

Включение и отключение привода повторяют три-четыре раза с одновременным заводом пружины. При этом обращают внимание на работу электродвигателя завода пружины, который должен включаться в конце процесса включения масляного выключателя. Кинематическая схема приводов типа ПП-61 и ПП-67 аналогична схеме ППМ-10. Следовательно, внешний осмотр и механическая регулировка их аналогичны осмотру и проверке привода ППМ-10.

При регулировке рычажного механизма электромагнитных приводов типа ПЭ-11 необходимо выдержать зазоры, указанные на рисунке 22. Зазор между отключающей собачкой 1 и роликом 2 нужно установить 1—2 мм (регулируется упорным болтом 3). Ход сердечника отключающей катушки должен составлять 18—20 мм, угол расцепления $\alpha = 15^\circ$, полный угол поворота $\beta = 60^\circ$. Зацепление между запирающей защелкой и упором не нормируется, а точка соприкосновения отключающей защелки и упора должна быть в средней части седла отключающей защелки. Ход якоря электромагнита включения должен быть таким, чтобы обеспечивать необходимый зазор 1—1,5 мм между защелкой и упором в процессе зацепления.

При регулировке блок-контактов типа КСА замыкающие и размыкающие контакты должны быть взаимно сдвинуты на угол 90° , чтобы блок-контакт, используемый в цепи контактора включения (КСУ), обеспечивал до-

статическую продолжительность импульса на включение и размыкался только в самом конце этой операции. Блок-контакт в отключающей цепи должен замыкаться в самом начале операции включения, чтобы подготовить эту цепь на случай короткого замыкания. Регулируют блок-контакты либо при помощи изменения длины тяг, либо перестановкой рычага КСА.

Угол между рычагом КСА и направлением тяги должен быть не менее 30° , чтобы передача не подходила близко к мертвой точке, вблизи которой возникают большие изгибающие усилия в рычаге и тяге. В разомкнутом положении расстояние между подвижными и неподвижными контактами должно быть 4—8 мм.

В пружинно-грузовых приводах проверяют сопротивление изоляции, состояние подшипников и щеток электродвигателя завода привода, а также действие конечного выключателя в цепи двигателя.

Окончательно правильность регулировки проверяют при снятии электрических характеристик. Перед этим измеряют сопротивление изоляции обмоток электромагнитов и цепи привода, которое должно быть не менее 1 МОм. Затем определяют минимальное напряжение срабатывания, при подаче которого толчком происходит четкое срабатывание привода. Согласно ПУЭ, значение минимального напряжения, срабатывания отключающего устройства электромагнита должно составлять 30—65% номинального напряжения, а контактора и электромагнита включения — не выше 80% номинального напряжения.

Испытания выключателя многократными включениями и отключениями проводят при напряжениях в момент включения на зажимах привода, составляющих 110, 100, 90 и 80% номинального. При каждом из этих напряжений выполняют три — пять операций. Выключатели, предназначенные для работы в цикле АПВ (автоматического повторного включения), подвергают двух-трехкратному опробованию в цикле О—В—О (отключение — включение — отключение) при номинальном напряжении на зажимах привода. При наладке выключателей и их приводов проверяют надежность действия блокировки от «прыгания», подавая команду на включение выключателя после того, как подана команда на его отключение.

При ремонте шин проверяют их крепление и при необходимости заменяют болтовые соединения и другие ча-

сти. Болтовые соединения дают надежный контакт при условии, если соединяемые поверхности чистые и гладкие, а болты затянуты. Неровности и пленки окиси удаляют с контактных поверхностей напильником; при этом общее сечение шины допускается уменьшать не более чем на 1,5%. Алюминиевые шины после грубой зачистки зачищают под слоем вазелина, а перед установкой контактную поверхность зачищают мягкой стальной щеткой.

Если вмятины или выемки уменьшают сечение шин более чем на 1,5% для алюминия и более чем на 1% для меди, но не более чем на 10% от их общего сечения, то на дефектное место накладывают усиливающую накладку, которую соединяют болтами. Шины после ремонта окрашивают, за исключением тех мест ответвлений и присоединений к аппаратам, которые после выполнения присоединений покрывают прозрачным глифталевым лаком.

При ремонте трансформаторов тока проверяют целостность фарфоровых изоляторов и их армировки, прочность крепления стержня в изоляторе, исправность цепи вторичной обмотки, состояние изоляции между первичной и вторичной обмотками. Изоляторы с небольшими сколами и частично разрушенными армировочными швами ремонтируют. Сопротивление изоляции между обмотками, а также между ними и металлическим корпусом трансформатора должно быть не менее 50 МОм. При меньшем значении сопротивления изоляции обмотки трансформаторов тока подлежат сушке.

Трансформаторы тока напряжением до 10 кВ обычно нагревают (сушат) током, пропускаемым через вторичную обмотку при замкнутой накоротко первичной обмотке или наоборот.

В трансформаторах тока напряжением 35—110 кВ изоляцию сушат в камерах.

Если обнаружены более серьезные неисправности (полное разрушение изоляторов, токоведущих частей и др.), трансформатор тока вскрывают и заменяют поврежденные детали, не нарушая обмотки. Замыкания между листами стали не допускаются. При частичном или полном выходе из строя стали сердечника его восстанавливают путем замены листов из однотипного вышедшего из строя трансформатора тока. При продолжительности ремонта более 6 часов обмотки погружают в бак с маслом, электрическая прочность которого не

ниже прочности масла в ремонтируемом трансформаторе.

Во время капитальных ремонтов трансформаторов напряжения измеряют намагничивающий ток при номинальном напряжении на вторичной обмотке 100 В. Если ток холостого хода выше значений прежних измерений, необходимо вскрыть и осмотреть трансформатор.

Качество изоляции обмотки высшего напряжения оценивают по ряду характерных величин: тангенсу диэлектрических потерь (за исключением чисто фарфоровых вводов), отношению сопротивлений изоляции $\frac{R_{60}}{R_{15}} > 1,2$, а также путем сравнения полученных данных с результатами предыдущих измерений. В последнем случае при снижении показателей более чем на 30% изоляция подлежит сушке.

Ремонт разъединителей заключается в опиловке поврежденных частей контактов. При появлении пленки окиси в результате чрезмерного нагрева контакты разъединителя чистят стеклянной шкуркой и покрывают тонким слоем технического вазелина. Нажатие пружин проверяют динамометром и сравнивают с допустимым (по инструкции). При ремонте разъединителей типа РВО и РВТ обращают внимание на целостность механических запирающих устройств и прочность крепления стальных пластин электромагнитных замков к ножам разъединителей.

Если разрушена армировка изолятора на участке, не превышающем $\frac{1}{3}$ окружности фланца или колпака, то ее восстанавливают. При разрушении армировки на участке, превышающем $\frac{1}{3}$ окружности фланца или колпака, изолятор заменяют.

У разъединителей РЛНЗ и РЛНД при ремонте обращают внимание на целостность гибких связей и надежность их соединения с неподвижными контактами. Отрегулированный разъединитель проверяют путем 10-кратного включения и отключения.

Ремонт контактных частей отделителей и короткозамыкателей проводят так же, как и ремонт разъединителей.

При ремонте выключателя (нагрузки) очищают контактные поверхности от копоти и следов оплавления. Отвернув винты, крепящие щеки дугогасительного устройства, снимают щеку и осматривают вкладыши. Вкла-

дыши с выгоревшими стенками заменяют новыми. Ослабленные или имеющие дефекты пружины заменяют новыми заводского изготовления; износившиеся резиновые шайбы буфера заменяют шайбами соответствующих размеров, изготовленными из листовой резины толщиной 4—6 мм.

Все движущиеся и трущиеся поверхности механизма выключателя тщательно очищают от старой смазки, затем на них наносят свежую смазку, соответствующую окружающей температуре. При регулировке выключателей нагрузки добиваются точного и одновременного вхождения ножей в дугогасительные устройства и неподвижные контакты и выхода из них.

Ремонт трубчатых разрядников заключается в проверке состояния внутренней поверхности, измерении внутреннего диаметра, измерении внутреннего искрового промежутка, а также в проверке состояния лакового покрова фибро-бакелитовой трубки, прочности крепления на ней стальных наконечников, правильности взаимного расположения внутри трубки электродов, исправности указателя срабатывания.

Поврежденный лаковый покров трубки восстанавливают, нанося на нее два слоя бакелитового лака. Ослабленные наконечники обжимают на трубке специальными клещами или в тисках при помощи двух полуколец. Проверяют и при необходимости регулируют внутренний искровой промежуток между стержневым и плоским электродами.

Проверяют исправность указателя срабатывания, представляющего собой полоску из латунной фольги. Поврежденную полоску заменяют новой, изготовленной из листовой латуни толщиной 0,02 мм. Проверяют также внутренний диаметр дугогасительного канала и длину внутреннего искрового промежутка разрядника. Окончив ремонт, окрашивают наконечники черной или серой эмалевой краской.

При ремонте вилитовых разрядников РВП проверяют целостность покрышки, плотность укладки внутренних деталей. Без особой надобности разрядник при ремонте не вскрывают. Его вскрывают только при неудовлетворительных результатах испытаний. В этом случае проверяют целостность вилитовых дисков и искровых промежутков, исправность нажимной пружины. Поврежденные детали заменяют новыми.

При сборке тщательно герметизируют крышку разрядника, чтобы защитить внутренние детали от атмосферных воздействий и таким образом сохранить стабильность его характеристики.

§ 4. ИСПЫТАНИЕ КОММУТАЦИОННЫХ АППАРАТОВ

В испытания коммутационных аппаратов во время ремонтных работ входит следующее:

а) измерение сопротивления изоляции подвижных и направляющих частей из органических материалов (для масляных выключателей), опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей, изолирующих тяг и многоэлементных изоляторов (для разъединителей, короткозамыкателей и отделителей);

б) испытание вводов масляных выключателей;

в) оценка состояния внутрибаковой изоляции и дугогасительных устройств масляных выключателей;

г) измерение постоянному току сопротивления контактов, обмоток включающих и отключающих катушек приводов;

д) проверка временных характеристик (скорости и времени движения подвижных частей);

е) проверка срабатывания привода при пониженном напряжении;

ж) испытание многократным включением и отключением.

Кроме того, испытывают трансформаторное масло из баков масляных выключателей и проверяют встроенные трансформаторы тока.

Качество регулировки и состояние контактной системы выключателей и разъединителей оценивают по значению сопротивления контактов, которое сравнивают с допусковым. Прежде чем делать измерения, несколько раз включают и отключают аппарат, в результате чего происходит самоочистка соприкасающихся контактных поверхностей и снижается переходное сопротивление.

Переходные сопротивления многообъемных выключателей измеряют до заливки их маслом или при опущенных баках также после нескольких предварительных операций включения и отключения.

В связи с тем, что измеряемые значения сопротивления не превышают 2000 мкОм, переходные сопротивления

ния можно измерять двойными мостами типов МД-6, Р-316, микроомметрами М-246 или методом вольтметра и амперметра.

Качество ремонта выключателей оценивают по скорости движения контактных систем и по продолжительности их включения и отключения. Результаты измерения сопоставляют с рекомендациями завода-изготовителя и данными предшествующих измерений. Особенно важно соблюдать предписанную скорость движения контактов в момент их замыкания и в момент размыкания и выхода контактов из гасительной камеры для выключателей с поперечным масляным дутьем.

Скорость движения контактов выключателя измеряют при помощи вибрографа или осциллографа. Электрическим секундомером измеряют полное время включения выключателя от момента подачи импульса в катушку включения до момента касания контактной траверсой неподвижных контактов. Измерения делают при номинальном напряжении оперативного тока. Выключатель при этом должен быть залит маслом. Результаты измерения времени и скоростей сравнивают с заводскими данными. Отклонение от этих данных допускается не более $\pm 10\%$.

Наладка выключателей нагрузки, короткозамыкателей и отделителей после ремонта сводится к проверке действия механизма свободного расцепления во включенном и промежуточных положениях. Если есть привод, то минимальное напряжение срабатывания проверяют трех-, пятикратным включением и отключением аппарата при напряжении оперативного тока, равном 0,8 и 0,9 U_n . Кроме этого, измеряют сопротивление контактов, определяют время включения и отключения.

Особенность короткозамыкателей заключается в установке на них трансформаторов тока, через которые проходит ток короткого замыкания. При наладке короткозамыкателей обращают внимание на их состояние, а также на состояние заземляющей шинки, служащей одновременно первичной обмоткой трансформатора тока. От вторичной обмотки трансформатора тока питается блокирующее реле привода отделителя. Чтобы проверить надежность работы реле, через трансформатор пропускают первичный ток, имитирующий ток короткого замыкания.

§ 5. РЕМОНТ И ИСПЫТАНИЯ КОМПЛЕКТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

При ремонте комплектных распределительных устройств проверяют состояние разъединяющих контактов первичной цепи, механизма доводки и блокировки, устройств вторичных цепей, заземляющих устройств.

Во время ревизии разъединяющих контактов первичных цепей проверяют следующее: переходное сопротивление каждой фазы (допускается его увеличение не более чем на 20% по сравнению с данными, измеренными при монтаже); отсутствие нагара или оплавления; свободный ход ламелей подвижных контактов в горизонтальной оси; давление контактных ламелей; состояние фарфоровых изоляторов; вертикальность установки подвижных и неподвижных контактов и отсутствие в них перекосов при включении.

При ревизиях механизма доводки и блокировки проверяют четкость работы механизма при доводке, фиксации и расфиксации тележки в рабочем и испытательном положениях, смазку трущихся и вращающихся узлов и деталей.

При ревизии устройств вторичных цепей измеряют сопротивление изоляции, проверяют состояние гибких переходов, испытывают вторичные цепи напряжением 1000 В переменного тока, проверяют состояние разъединяющих контактов вторичных цепей.

Во время ревизии заземляющих устройств комплектных распрестройств обращают внимание на следующее: состояние поверхности пружин, переходное сопротивление заземления тележки, увеличение которого не должно превышать 20% первоначального значения; состояние гибких связей заземления (дверок); состояние и плотность болтовых соединений аппаратуры с корпусом шкафа КРУ; переходное сопротивление заземляющих связей накладных конструкций КРУ с контуром заземления распределительного устройства.

После ремонта комплектного распределительного устройства проводят следующие испытания.

1. Мегомметром на 2500 В измеряют сопротивление изоляции изоляционных элементов, выполненных из органических материалов. Значения сопротивления должны быть не ниже 1000 МОм при напряжении 3—10 кВ и 3000 МОм при 15—150 кВ.

2. Испытывают повышенным напряжением промышленной частоты изоляцию токоведущих частей. Для КРУ (КРУН) на 6 кВ значение испытательного напряжения составляет 29 кВ, для КРУ (КРУН) на 10 кВ — 39 кВ. Время приложения испытательного напряжения 1 мин. Испытание следует проводить до подключения силовых кабелей.

3. Измеряют сопротивление постоянному току контактов сборных шин, разъединяющихся контактов первичной и вторичной цепей. Измерения проводят выборочно, если позволяет конструкция КРУ. Измеренные значения должны быть в пределах нормируемых.

4. Проверяют выкатные части и блокировки. Четыре-пять раз выкатывают тележку КРУ, проверяют работу механических блокировок, отсутствие перекосов и заеданий, соосность ножей и контактов. При попытке вывести тележку с включенным выключателем из рабочего положения выключатель должен отключиться до момента размыкания первичных разъединяющих контактов. При выдвигении тележки из ячейки окна для доступа к токоведущим частям автоматически закрываются защитными шторками, при вкатывании тележки шторки открываются.

Проверяют действие блокировок, запрещающих вкатывать тележку в рабочее положение при включенном заземляющем разъединителе и включать заземляющий разъединитель при рабочем положении тележки.

§ 6. РЕМОНТ РЕЛЕ И ПРИБОРОВ

При осмотре и ремонте реле и приборов всех типов и конструкций выполняют следующие операции:

а) очищают от пыли и грязи;

б) проверяют состояние подпятников, вывертывая и осматривая их в лупу 5—6-кратного увеличения. Подпятники без дефектов (внутренних трещин, царапин) промывают спиртом, а с дефектами заменяют новыми;

в) проверяют состояние подвижных осей — у них не должно быть глубоких рисков, выбоин и остаточных деформаций. Погнутые оси выправляют, а риски и выбоины выводят шлифованием или полировкой;

г) проверяют продольные и поперечные люфты, обеспечивающие свободное проворачивание осей в подпят-

никах; регулируют продольный люфт оси, изменяя положение подпятников;

д) проверяют состояние спиральных и безмоментных пружин. Исправные пружины имеют чистую поверхность без следов коррозии, соседние витки не соприкасаются, на всей длине пружины витки находятся на одинаковом расстоянии друг от друга. Неисправные пружины заменяют новыми;

е) проверяют состояние и регулировку контактов. Грязные и окислившиеся контакты очищают и промывают спиртом, износившиеся заменяют новыми. При необходимости регулируют расстояния между подвижными и неподвижными контактами, совместный их ход и углы всех плоскостей соприкасающихся контактов;

ж) проверяют состояние обмоток. Следят за тем, чтобы они не имели следов копоти, вмятин или иных повреждений, были надежно закреплены на магнитопроводах, а выводы обмоток были прочно соединены с соответствующими контактными частями или цепями оперативного тока. Дефектные обмотки ремонтируют или заменяют новыми;

д) проверяют состояние добавочных и шунтирующих сопротивлений;

и) проверяют состояние изоляции токоведущих частей. Нарушенную изоляцию восстанавливают.

Для проверки отремонтированных и отрегулированных реле их включают и отключают не менее 15 раз.

При ремонте приводов отключающих аппаратов одновременно осматривают, а в необходимых случаях ремонтируют все находящиеся в приводе реле и электромагниты. Во время осмотра проверяют прочность крепления реле и электромагнитов, правильность их расположения и сохранность. Ослабленные крепления подтягивают. Проверяют правильность взаимного действия механизма привода с реле и электромагнитами.

Проверяют четкость и безотказность срабатывания реле от импульса тока.

Обнаруженные в процессе осмотра поврежденные гильзы, ударники, рычаги, пружины и другие детали реле и электромагнитов заменяют новыми. Ремонтировать их на месте не рекомендуется, так как хорошее качество ремонта этих деталей можно получить только в мастерских. Если реле снабжено часовым механизмом выдержки времени (реле РТВ, РНВ и др.), то при его осмотре

проверяют детали подвижных частей на отсутствие заеданий, а также исправность и правильность действия часового механизма. Для этого включают от руки подвижные части реле и прослушивают работу часового механизма при многократном срабатывании.

Окончив ремонт реле и электромагнитов, регулируют механизм привода и согласовывают с ним ход сердечников и усилия, обеспечивающие выбивание защелки запирающего механизма.

§ 7. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

При работах в установках напряжением выше 1000 В необходимо строго соблюдать все организационные и технические мероприятия, предписываемые правилами техники безопасности. Работу нужно выполнять по наряду при соответствующем допуске бригады к месту работ. Производитель работ не имеет права покидать рабочее место, если на это время его не заменит ответственный руководитель, указанный в наряде. Если наряд выписан на наблюдающего, он не имеет права принимать участия в работе и тем более покидать рабочее место.

Допуск к работам в электроустановках. Перед началом работ дежурный совместно с ответственным руководителем и производителем работ проверяет соблюдение мер предосторожности в установке и лишь после этого допускает бригаду в распределительное устройство. Во время допуска к работе дежурный указывает бригаде место работ и в присутствии всех членов бригады прикасается к отключенным токоведущим частям, доказывая этим, что токоведущие части отключены. Бригаде указывается также на расположенные поблизости от места проведения работ неотключенные части установки. Токоведущие части, оставленные под напряжением, должны быть ограждены.

Прежде чем приступить к работе, работники наладочных организаций и испытательных лабораторий должны быть тщательно проинструктированы руководителем бригады и ознакомлены с особенностями данного объекта. Получив инструктаж, они расписываются в специальном журнале.

Надзор во время работы в электроустановках. При подготовке рабочего места и проведении испытаний повышенным напряжением от постороннего источника нужно строго соблюдать требования специального раздела «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок, станций и подстанций».

При проведении испытаний повышенным напряжением могут быть остаточные заряды, опасные для жизни. Поэтому прежде чем прикасаться к токоведущим частям после снятия с них повышенного напряжения, следует тщательно разряжать их на землю в течение нескольких минут при помощи изолирующей штанги и заземленного провода.

Если проводятся измерения в токовых цепях, находящихся под нагрузкой, следует строго соблюдать требования правил проведения работ в токовых цепях.

При проведении всех видов работ, связанных с повышенным напряжением, следует тщательно проверять заземления корпусов оборудования (как проверяемого, так и испытательного) и конструкций, связь заземляющих проводок с контуром, наличие контура и его сопротивление растеканию.

При проведении работ на выключателе нужно обращать особое внимание на случайные «срывы» кинематики и на возможность случайного включения его.

Для подъема на высокое оборудование нужно применять стремянки, леса, пояса, лестницы, удовлетворяющие требованиям правил техники безопасности.

Передвижные установки высокого напряжения должны быть оборудованы всеми средствами техники безопасности, звуковой и световой сигнализацией, включаемой перед подачей напряжения на объект, средствами ограждения места испытаний, надежным заземлением. Во время перерыва всю бригаду выводят из помещения или с территории открытой подстанции. Наряд в этом случае остается у производителя работ. К месту работ после перерыва бригаду допускает ее руководитель без участия оперативного персонала.

Оформление окончания работ в электроустановках. По окончании рабочего дня убирают рабочее место. Наряд сдают дежурному. На следующий день к работам можно приступить при выполнении всех требований, указанных выше.

После окончания работ ответственный руководитель закрывает наряд, сдает рабочее место и ключи дежурному персоналу, после чего установка может быть поставлена под напряжение.

Контрольные вопросы

1. Чем отличаются текущие ремонты электрооборудования от капитальных? Приведите примеры текущих и капитальных ремонтов.
2. С какой целью определяют объем ремонта электрооборудования?
3. В чем состоит сущность научной организации труда?
4. Назовите наиболее характерные неисправности высоковольтных аппаратов и укажите возможные причины их возникновения.
5. Опишите способы ремонта контактов и проверки контактного давления в разъединителях и масляных выключателях.
6. В чем заключаются особенности ремонта и наладки пружинных приводов?
7. В чем заключается текущий ремонт вентильных разрядников РВП-10?
8. Опишите операции ремонта реле, встроенных в приводы выключателей?
9. Какие работы входят в объем испытаний коммутационных аппаратов?
10. Как проверяют приводы выключателей?
11. Какие общие и специальные меры безопасности необходимо выполнять при проведении наладочных работ и при испытаниях повышенным напряжением?

Лабораторная работа 3

Испытания масляного выключателя ВМП-10 после ремонта

Цель работы. 1. Ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы масляного выключателя.

2. Изучить объем профилактических испытаний и ремонтов масляного выключателя.

План работы. 1. Ознакомиться с устройством масляного выключателя ВМП-10.

2. После изучения конструктивных особенностей масляного выключателя приступить к его разборке (одной фазы).

3. Отрегулировать и испытать выключатель.

При этом под руководством преподавателя сделать следующее:

а) отрегулировать выключатель;

- б) проверить разновременность касания контактов и величину вжима подвижных контактов;
- в) измерить переходное сопротивление контактов;
- г) определить время и скорость движения подвижных частей выключателя.

Пояснения к работе. Все регулировочные работы и испытания проводить в соответствии с положениями, изложенными в настоящей главе. Все полученные характеристики масляных выключателей должны соответствовать приведенным в инструкции. На основании проделанной работы дать заключение о состоянии масляного выключателя.

Практические занятия

Под руководством преподавателя заполнить бланк акта капитального ремонта масляного выключателя. Данные для заполнения выдаются в зависимости от типа масляного выключателя.

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Сельскохозяйственные потребители имеют характерные режимы потребления электроэнергии, что непосредственно отражается на работе электрооборудования, в том числе и трансформаторов распределительных сетей.

Одна из таких особенностей заключается в асимметрии нагрузки по фазам сельских сетей. Так называемая «неслучайная несимметрия токов по фазам», возникающая из-за неравномерного присоединения потребителей по фазам, в условиях эксплуатации может быть сведена к нулю. Однако статическая или вероятностная, несимметрия нагрузки по фазам, вызванная случайными включениями и отключениями потребителей, практически остается всегда.

Распределительные трансформаторы сельских электрических сетей, как правило, имеют смешанную нагрузку осветительно-бытовую и однофазную силовую (сварочные трансформаторы).

Согласно правилам эксплуатации, степень неравномерности нагрузки K_H различных фаз отходящих от подстанции линий не должна превышать 20%. Ее определяют следующим образом:

$$K_H = \frac{100 (I_{\max} - I_{\text{ср}})}{I_{\text{ср}}} \leq 20\%,$$

где $I_{\max}$ — ток в максимально нагруженной фазе в момент наибольшей нагрузки трансформатора;

$I_{\text{ср}}$ — среднее арифметическое значение тока трех фаз в тот же момент времени.

Как показывают многочисленные исследования, около 40% трансформаторов сельских сетей имеют недопустимую асимметрию нагрузки по фазам. Среднее значение асимметрии токов лежит в пределах от 32 до 50%. Асимметрия токов по фазам отрицательно сказывается на работе токоприемников (снижается мощность электродвигателей, возрастают потери в линиях и потребителях, снижается коэффициент мощности). Поэтому электропромышленность страны приступила к выпуску для сельского хозяйства трансформаторов с соединением обмоток треугольник — звезда с нулем и звезда — зигзаг с нулем, обеспечивающих высокое качество напряжения даже при асимметрии токов по фазам.

Неимметрия токов по фазам в трансформаторах с соединением обмоток звезда — звезда с нулем может привести к дополнительному нагреву трансформатора за счет добавочных потерь от этой асимметрии. Поэтому важно знать степень нагрузки трансформаторов сельских сетей.

Сельские потребители характеризуются крайне неравномерным графиком нагрузки в течение суток с утренними и вечерними максимумами и провалами нагрузки в дневное и ночное время. Такой график обуславливает малую степень нагрузки трансформаторов. Если в городских распределительных сетях средняя нагрузка трансформаторов составляет 0,2—0,7 номинальной мощности, повышаясь в отдельных случаях до 0,9, и при этом наблюдаются перегрузки трансформаторов, то в сельских сетях нагрузка трансформаторов составляет в среднем 0,2—0,4 номинальной. Причем такая нагрузка сохраняется на протяжении длительного времени.

С учетом изложенного можно говорить о том, что трансформаторы сельских распределительных сетей слабо используются по мощности и могут допускать значительные перегрузки даже с учетом асимметрии нагрузки по фазам. Последнее закреплено ГОСТом 14209—69, который допускает в определенных условиях перегрузку трансформаторов, равную 50%.

Не случайно поэтому статистика показывает, что большая часть трансформаторов выходит из строя не зимой в период максимальной нагрузки, а летом при минимальной нагрузке. На нагрев трансформатора значи-

температура и влажность. В этих условиях надежная работа трансформатора определяется в основном уровнем его эксплуатации. Силовые трансформаторы составляют основную часть распределительных устройств, поэтому правила техники безопасности при их эксплуатации такие же.

§ 2. ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПЕРЕД ВКЛЮЧЕНИЕМ

По данным Московской кабельной сети Мосэнерго, которая проводит ревизию каждого вновь устанавливаемого трансформатора, примерно 20—30% осмотренных трансформаторов имеют дефекты; часть дефектов возникает по вине завода-изготовителя, часть — из-за несоблюдения условий транспортировки, остальные — из-за несоблюдения условий хранения, монтажа и т. д. Поэтому для предупреждения возможного включения в работу трансформатора с дефектами перед включением в сеть его необходимо проверить. Согласно правилам технической эксплуатации (ПТЭ), перед включением в работу нового или отремонтированного трансформатора мощностью до 630 кВ·А обязательно измеряют сопротивления изоляции обмоток и испытывают эту изоляцию (повышенным напряжением). Для трансформаторов больших мощностей дополнительно делают следующее:

- 1) проводят сокращенный химический анализ масла и испытание масла на электрическую прочность;
- 2) определяют увлажненность изоляции обмоток;
- 3) измеряют сопротивление обмоток постоянному току на всех ответвлениях.

После капитального ремонта со сменой обмоток дополнительно определяют ток холостого хода, проверяют группу соединения обмоток, коэффициент трансформации и при необходимости выполняют фазировку трансформатора.

Во время проверки трансформатора осматривают цепи первичных и вторичных соединений, измеряют сопротивление их изоляции и испытывают повышенным напряжением; проверяют измерительные приборы и испытывают релейную защиту; проверяют работу приборов, выключателей и разъединителей; трансформатор толчком включают на номинальное напряжение и осматри-

вают его, проверяя плотность швов, прокладок, фланцевых соединений и т. п.

§ 3. ОСМОТРЫ И ТЕКУЩИЕ РЕМОНТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В процессе эксплуатации трансформаторов их подвергают наружным осмотрам без отключения: в установках с постоянным дежурным персоналом или с дежурством на дому один раз в сутки, на станциях и подстанциях без постоянного дежурного один раз в месяц, на трансформаторных пунктах не реже одного раза за полугодие, инженерно-технический персонал проводит контрольный осмотр не реже одного раза в год.

При появлении сигнала от газового реле, а также после каждого аварийного отключения трансформатора проводят его внеочередной осмотр. В зависимости от местных условий и состояния трансформатора сроки осмотров могут быть изменены главным инженером РЭС.

При наружном осмотре трансформатора проверяют следующее: уровень и температуру масла и его соответствие отметкам на расширителе или маслоуказателе, чистоту и целостность изоляторов, состояние кабелей и ошиновки; чистоту поверхности кожуха, отсутствие подтеков масла из него и расширителя через крышку, фланцы и сливные краны; вентиляцию в трансформаторном помещении, целость дверей, окон, запоров; предохранители, разъединители, привод и заземление.

На мачтовых подстанциях осмотр проводят при отключенной подстанции, но без отключения линии высокого напряжения.

Кроме наружных осмотров, трансформаторы подвергают текущим ремонтам с отключением напряжения без выемки сердечника. Эти ремонты проводят не реже одного раза в три года, а для трансформаторов 35/6—10 кВ центральных подстанций не реже одного раза в год.

Регулирующие устройства трансформаторов с регулированием напряжения под нагрузкой ремонтируют после выполнения операций по переключению в соответствии с заводскими инструкциями. В объем текущего ремонта входят чистка и окраска бака, ремонт пробивных предохранителей в трансформаторах с изолированной нейтралью, ремонт и замена заземляющих проводников, маслоуказательных устройств, контактов и сое-

динений, измерение сопротивления изоляции обмоток и определение степени их увлажнения. Помимо наружных осмотров и текущих ремонтов, трансформаторы в период эксплуатации подвергают следующим профилактическим испытаниям: а) испытание электрической прочности масла — один раз в год; б) сокращенный химический анализ масла — один раз в три года.

§ 4. КОНТРОЛЬ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Нагрузочная способность трансформаторов определяется ГОСТом 14209—69. При сколь угодно длительной номинальной нагрузке превышение температуры частей трансформатора над температурой окружающей среды не должно превосходить определенных значений. Согласно нормам, максимально допустимую температуру охлаждающего воздуха принимают равной $+35^{\circ}\text{C}$, охлаждающей воды $+25^{\circ}\text{C}$. В практике эксплуатации за наибольшую допустимую температуру верхних слоев масла принимают температуру, которая наблюдается в процессе длительной работы трансформатора с номинальной нагрузкой при температуре окружающего воздуха $+35^{\circ}\text{C}$. При этом температура масла не должна превышать 95°C . В закрытых трансформаторных подстанциях превышение температуры горячего воздуха на выходе из камеры над температурой холодного воздуха на входе должно быть не больше 15° .

Абсолютная температура воздуха в трансформаторном помещении, измеренная на расстоянии 1,5—2 м от бака трансформатора на середине его высоты, не должна превосходить более чем на $5\text{—}8^{\circ}$ температуру наружного воздуха.

Температуру верхних слоев масла контролируют при помощи термометра и маслоуказателя, на расширителе нанесены три контрольные черты на уровне масла, соответствующие температуре окружающей среды -35 , $+15$ и $+35^{\circ}\text{C}$. Термометры для измерения температуры верхних слоев масла устанавливают на трансформаторах мощностью 63 кВ·А и выше. У трансформаторов небольшой мощности их ставят во вваренные штуцера на крышке бака, при этом штуцер заливают маслом.

У трансформаторов мощностью свыше 1000 кВ·А для контроля температуры верхних слоев масла устанавли-

вают термометры манометрического типа или с дистанционной подачей сигнала (например, ТС=100).

Расчетный срок службы трансформаторов при номинальной нагрузке и номинальных условиях охлаждения составляет примерно 20 лет.

Согласно ГОСТ 14209—69, принимается, что при изменении температуры изоляции трансформатора на 6° срок ее службы изменяется вдвое (сокращается при повышении температуры и увеличивается при ее понижении). В условиях эксплуатации у большинства трансформаторов нагрузка изменяется в течение суток и года. Особенно резко это проявляется в сельских электрических сетях. Из-за неравномерности суточных графиков нагрузки трансформаторы имеют значительный запас по сроку службы изоляции. Поэтому в зависимости от суточного графика нагрузки трансформаторы допускают систематические перегрузки по току до полутора-кратного.

В аварийных случаях независимо от длительности предшествующей нагрузки и температуры охлаждающей среды трансформаторы допускают следующие кратковременные перегрузки сверх номинального тока: 30%—120 мин; 45%—80 мин; 60%—45 мин; 75%—20 мин; 100%—10 мин; 200%—1,5 мин.

В аварийных случаях, если коэффициент начальной нагрузки не более 0,93, трансформаторы допускают в течение не более 5 суток перегрузку 40% сверх номинального тока на время максимумом нагрузки общей продолжительностью не более 6 ч в сутки.

Если максимум типового (среднего) графика нагрузки летом меньше номинальной мощности трансформатора, то в зимние месяцы допускается дополнительная однопроцентная перегрузка трансформатора на каждый процент недогрузки летом, но не более чем на 15%, причем суммарная нагрузка должна быть не более 150% номинальной. Чтобы следить за нагрузкой трансформаторов мощностью 1000 кВ·А и выше, на них устанавливают амперметры, шкалы которых выбирают с учетом допустимых перегрузок трансформаторов.

§ 5. КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В процессе хранения, транспортировки и монтажа трансформаторов их изоляция (масло, дерево, картон,

бумага, пряжа) увлажняется за счет окружающей среды. В процессе эксплуатации трансформаторы увлажняются как за счет тепло- и влагообмена между трансформатором и средой (трансформатор «дышит», осушаясь при нагреве и увлажняясь при охлаждении), так и за счет окислительных процессов, происходящих в масле при его нагреве.

Увлажнение трансформатора ухудшает его изоляционные характеристики и может быть причиной выхода его из строя при включении или эксплуатации.

Профилактические испытания — один из методов контроля за состоянием изоляции трансформаторов в процессе эксплуатации. Если результаты этих испытаний отрицательны, то следует провести комплекс измерений для оценки степени увлажнения изоляции трансформатора.

После длительного хранения трансформатора или нахождения его в нерабочем состоянии в неблагоприятных климатических условиях, прежде чем приступить к измерениям по оценке степени увлажнения изоляции, проводят сокращенный химический анализ и испытание электрической прочности трансформаторного масла.

Для трансформаторов мощностью до 2500 кВ·А напряжением 35 кВ включительно с расширителем, а также трансформаторов без расширителя мощностью до 100 кВ·А включительно, транспортируемых с маслом, условия включения без сушки следующие: 1) уровень масла в пределах отметок маслоуказателя; 2) в масле нет следов воды, пробивное напряжение масла не ниже 25 кВ для трансформаторов напряжением до 15 кВ включительно и не менее 30 кВ для трансформаторов напряжением до 35 кВ; 3) коэффициент абсорбции $\frac{R_{60}}{R_{15}}$, измеренный мегомметром на напряжение 2500 В, не менее 1,3 при температуре 10—30° С.

Сопротивление изоляции обмоток трансформаторов R_{60} не нормируется, его значение указывается в паспорте трансформатора. Полученное значение сопротивления изоляции R_{60} (при одинаковых температурах) сравнивают с паспортным значением. Оно не должно быть ниже последнего более чем на 30%. Новое значение сопротивления изоляции R_{60} также заносят в паспорт трансформатора с указанием даты измерения и температуры масла, при которой измеряли сопротивление; 4) если уро-

вень масла ниже отметок маслоуказателя, но обмотки и переключатель покрыты маслом, или если пробивное напряжение масла снижено не более чем на 5 кВ по сравнению с требуемым, то дополнительно измеряют значение $\frac{C_2}{C_{50}}$ или $\text{tg } \delta$ обмоток в масле.

Отношение $\frac{C_2}{C_{50}}$ измеряют при помощи прибора контроля влажности типа ПКВ или ЕВ. При температуре 10—30° С это отношение должно быть меньше 1,1—1,3. Значение $\text{tg } \delta$ обмоток трансформатора измеряют при помощи мостов переменного тока, например типа МД-16. Для указанных выше трансформаторов при температуре обмоток 10—30° С $\text{tg } \delta$ должен быть не более 0,015—0,026.

Для включения без сушки трансформаторов мощностью более 100 кВ·А, но менее 2500 кВ·А, напряжением 35 кВ включительно, транспортируемых с маслом, достаточно соблюсти условия: 1, 2 и 3 или 2, 3 и 4 или 1, 3 и 4.

§ 6. СУШКА ТРАНСФОРМАТОРОВ

Изоляцию обмоток трансформаторов можно сушить различными методами: в сушильных печах, при помощи ламп инфракрасного света, током короткого замыкания, потерями в собственном баке и токами нулевой последовательности. Однако в условиях эксплуатации получили распространение наиболее экономичные и удобные методы сушки потерями в собственном баке и токами нулевой последовательности. И в том и в другом случае сушку можно проводить на месте установки трансформаторов при любой температуре окружающей среды, но со сливом масла из баков.

1. Сушка потерями в собственном баке. Иногда этот метод называют индукционным. Нагрев происходит потерями в баке, для чего на бак трансформатора наматывают намагничивающую обмотку (рис. 23). Чтобы получить более равномерное распределение температуры внутри бака, намагничивающую обмотку наматывают на 40—60% высоты бака (снизу), причем на нижней части бака витки располагают гуще, плотнее, чем на верхней. Провод для обмотки может быть выбран любой.

Расчет обмотки ведут следующим образом.

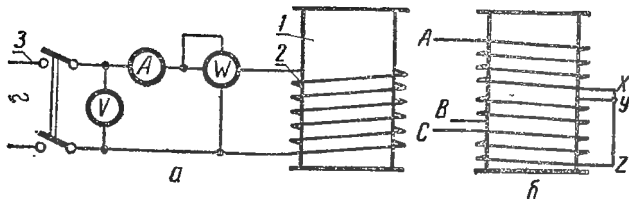


Рис. 23. Схема сушки трансформатора при помощи намагничивающей обмотки:

a — однофазная намагничивающая обмотка; *б* — трехфазная намагничивающая обмотка; 1 — нагреваемый трансформатор; 2 — намагничивающая обмотка; 3 — источник питания.

$$\text{Число витков } w = \frac{UA}{l},$$

где U — напряжение источника тока, В;
 l — периметр бака, м.

Величину A определяют по таблице 8 в зависимости от удельных потерь ΔP :

$$\Delta P = k_T \frac{F}{F_0} (t_k - t_0),$$

где k_T — коэффициент теплоотдачи, для утепленного бака $k_T=5$, для неутепленного $k_T=12$ кВт/(м²·град);

F — поверхность бака трансформатора, м²;

F_0 — поверхность бака, занятая обмоткой, м²;

t_k — температура нагрева бака, обычно равна 105° С;

t_0 — температура окружающей среды, °С.

Ток в обмотке

$$I = \frac{\Delta P F_0}{U \cos \varphi},$$

где $\cos \varphi = 0,5 \div 0,7$ для трансформаторов с гладкими или трубчатыми баками; для трансформаторов с ребристыми баками $\cos \varphi = 0,3$.

Таблица 8

ΔP	A	ΔP	A
0,75	2,33	1,4	1,74
0,8	2,26	1,6	1,65
0,9	2,12	1,8	1,59
1,0	2,02	2,0	1,54
1,1	1,92	2,5	1,42
1,2	1,84	3,0	1,34

Чем толще стенки бака, массивнее детали наружного крепежа, тем выше значение $\cos\varphi$.

Температуру нагрева трансформатора можно регулировать изменением подводимого напряжения, изменением числа витков намагничивающей обмотки, периодическими отключениями питания намагничивающей обмотки.

2. Сушка токами нулевой последовательности (ТНП). Этот способ отличается от предыдущего тем, что намагничивающей обмоткой служит одна из обмоток трансформатора, соединенная по схеме нулевой последовательности (рис. 24). Трансформаторы, применяемые в сельской электрификации, чаще всего имеют 12 группу соединения обмоток. В этом случае очень удобно использовать в качестве намагничивающей обмотку низшего напряжения, которая имеет выведенную нулевую точку.

При сушке трансформатора токами нулевой последовательности нагрев происходит за счет потерь в намагничивающей обмотке, в стали магнитопровода и его конструктивных деталей, в баке от действия потоков нулевой последовательности. Таким образом, при сушке трансформаторов токами нулевой последовательности имеются внутренние и внешние источники тепла. Эта сушка представляет собой как бы сочетание двух способов сушки: током короткого замыкания и потерями в собственном баке.

Параметры сушки трансформаторов токами нулевой последовательности могут быть определены следующим об-

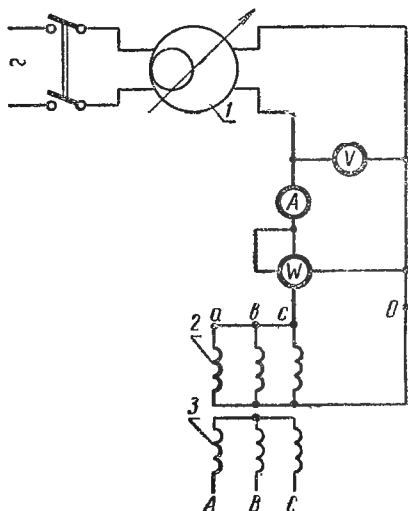


Рис. 24. Схема сушки трансформатора токами нулевой последовательности:

1 — потенциал-регулятор;
ка НН; 3 — обмотка ВН,

2 — обмотка

разом. Мощность, потребляемая намагничивающей обмоткой,

$$P_0 = \Delta P F,$$

где ΔP — удельный расход мощности. Для трансформаторов без тепловой изоляции бака, сушка которых протекает при температуре активной (выемной) части $100\text{--}110^\circ\text{C}$ и окружающей среды $10\text{--}20^\circ\text{C}$, можно применять $\Delta P = 0,65 \div 0,9$ кВт/м². Меньшее значение удельной мощности принимают для трансформаторов меньшей мощности.

Подводимое напряжение при соединении намагничивающей обмотки в звезду

$$u_0 = \sqrt{\frac{P_0 z_0}{3 \cos \varphi_0}},$$

где z_0 — полное сопротивление нулевой последовательности фазы обмотки, оно может быть определено опытным путем;

$$\cos \varphi_0 = 0,2 \div 0,7.$$

Чем больше мощность трансформатора, массивнее детали его внутреннего крепежа, толще стенки бака, меньше расстояние между магнитопроводом и баком, тем больше значение $\cos \varphi_0$. Его значение также можно определить опытным путем.

Фазовый ток сушки, необходимый для выбора измерительных приборов и сечения подводящих проводов, для трансформаторов с трубчатыми баками может быть определен из выражения

$$I_0 = I_n \sqrt{\frac{10}{S_n}},$$

где S_n — номинальная мощность трансформатора, кВт·А.

При внутреннем источнике тепла сушка трансформаторов токами нулевой последовательности характеризуется значительно меньшим потреблением мощности (до 40%) и временем сушки (тоже до 40%) по сравнению с сушкой трансформатора потерями в собственном баке.

Недостаток сушки трансформаторов токами нулевой последовательности заключается в том, что напряжение

питания нестандартное, то есть необходим специальный источник тока. Чаще всего таким источником тока может быть сварочный трансформатор.

После сушки трансформатора проводят его ревизию, проверяют расклиновку обмоток, определяют сопротивление изоляции стяжных шпилек магнитопровода (должно быть не ниже 5 МОм для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно), подтягивают все болтовые соединения. Температура трансформатора при ревизии должна быть на 5—10° выше температуры окружающего воздуха.

Продолжительность пребывания активной части трансформатора на открытом воздухе не должна превышать 16 ч в сухую погоду (относительная влажность воздуха до 75%) и 12 ч во влажную (относительная влажность воздуха свыше 75%). Все трансформаторы после заливки маслом до включения выдерживают 48 ч в теплом помещении и 120 ч в холодном.

§ 7. ТРЕБОВАНИЯ К ТРАНСФОРМАТОРНОМУ МАСЛУ

Хорошее трансформаторное масло имеет светло-желтый цвет. Сильное потемнение в процессе эксплуатации указывает на порчу масла вследствие загрязнения или окисления. Хорошее масло имеет слабый запах керосина. Оно должно сохранять прозрачность при охлаждении до +5°С. Прозрачность проверяют в стеклянном прямоугольном сосуде, на одну из стенок которого наклеивают полоску бумаги с нанесенными на нее черной тушью тремя линиями толщиной 0,1; 0,5 и 1,0 мм. Если через слой масла в 100 мм четко видны все линии — масло хорошее; если линия толщиной 0,5 мм видна нечетко, а линия толщиной 1 мм — четко, то желательна очистка; при меньшей прозрачности масла необходима немедленная очистка.

В масле не должно быть воды. Если при опускании в пробирку с маслом раскаленной проволоки раздается треск, то это означает, что в масле есть влага и его необходимо очищать или сушить.

Кислотность масла характеризуется кислотным числом, которое представляет собой количество едкого калия (мг), необходимое для нейтрализации свободных кислот в 1 г масла. Оно не должно быть более 0,05

мг КОН/г для чистого и сухого масла и не более 0,25 мг КОН/г для эксплуатационного.

Согласно ГОСТ 982—53, вязкость должна быть $2,8 \div 3,5$ сСт при температуре 20°C и $1,1 \div 1,3$ сСт при 50°C .

Температура вспышки любого типа масла должна быть не менее 140°C , снижение температуры вспышки допускается не более чем на 5° .

Согласно ГОСТ 1461—52, зольность должна быть не более 0,005%. Отсутствие содержания серы определяют по потемнению полированной медной пластинки после кипячения ее в масле в течение 12 ч.

Для определения растворимых в воде кислот и щелочей используют реакцию водной вытяжки, проводимую при помощи индикаторов, способных резко изменить свой цвет в присутствии незначительных количеств кислоты или щелочи (например, водный раствор метилоранжа).

Пробивное напряжение эксплуатационного масла, характеризующее его электрическую прочность и определяемое при помощи стандартных аппаратов (например, АИИ-70, АКИ-50, АИИМ-72 и т. д.), должно быть не менее 25 кВ для аппаратов напряжением до 15 кВ и не ниже 30 кВ для аппаратов напряжением до 35 кВ включительно.

В объем сокращенного химического анализа входят определение температуры вспышки, электрической прочности, кислотного числа, реакции водной вытяжки или количественное определение водорастворимых кислот, качественное определение содержания взвешенного угля и механических примесей. Отбор проб масла берут в совершенно сухую бутылку с притертой стеклянной пробкой. Летом пробу берут в сухую погоду, а зимой — в морозную.

Для взятия пробы открывают спускной ventиль в нижней части трансформатора, дают стечь небольшому количеству масла, чтобы смыть грязь у выходного отверстия ventиля, и только после этого набирают в бутылку примерно 0,75 л масла для испытания на пробой и 1,5 л для сокращенного химического анализа. При транспортировке пробку бутылки заливают парафином.

Перед испытаниями бутылку с маслом прогревают до температуры помещения, чтобы избежать конденсации паров в масле и уменьшения пробивного напряжения.

Для удаления воды масло нагревают различными методами: током короткого замыкания, потерями в собственном баке, токами нулевой последовательности. В некоторых случаях для очистки масла достаточно его отстоять в соответствующей емкости в помещении с относительно сухим и чистым воздухом. Но наибольшее распространение получила сушка масла при помощи центрифугирования при температуре $40\text{—}50^\circ\text{C}$. При этом масло очищается не только от воды, но и от тяжелых механических примесей.

От легких механических примесей, а также и от воды масло очищают при помощи фильтрпрессов. В фильтрпрессе масло при температуре $40\text{—}50^\circ\text{C}$ под давлением $3\text{—}5$ ат прогоняется через фильтровальную бумагу, которая впитывает влагу и задерживает механические примеси — волокна, шлам, сажу и т. д.

При очистке фильтровальную бумагу меняют через $1\text{—}4$ ч. Ее можно промывать, сушить и снова использовать.

Фильтрпресс обычно включают после центрифуги, добиваясь почти предельной очистки масла от примесей. Центрифугирование и фильтрование очищают масло, но не восстанавливают его утраченные свойства. Для удаления из масла продуктов окисления и для восстановления его прежних качеств прибегают к регенерации.

Регенерацию масел осуществляют при помощи адсорбентов — веществ, способных поверхностью своих частиц поглощать продукты старения масла и влагу (явление адсорбции). В качестве адсорбентов используются природные отбеливающие глины, земли, опоки, аморфные или активированные угли, окислы алюминия, силикагели (измельченная кремнекислота) и цеолит.

Регенерацию проводят контактным или перколяционным способом. В первом случае обычно используют менее активные адсорбенты — отбеливающие глины. Адсорбент в размолотом прокаленном виде добавляют в подогретое до $80\text{—}90^\circ\text{C}$ масло, перемешивают, отстаивают, после чего масло отправляют на фильтрование. Во втором случае масло пропускают через адсорбент, а затем фильтруют.

В последнее время регенерацию масла осуществляют непосредственно в трансформаторе в период его эксплуа-

тации, для чего трансформаторы оборудуют специальными термосифонными фильтрами, поглотительными патронами и воздухоосушителями, заполняемыми обычно силикагелем.

В процессе эксплуатации масло, проходя через силикагель, восстанавливает свои свойства.

§ 9. НЕИСПРАВНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

В процессе эксплуатации трансформаторов чаще всего наблюдаются следующие неисправности:

а) повреждение обмотки высшего напряжения — до 60% и более всех повреждений;

б) повреждение обмотки низшего напряжения — 15%, обеих обмоток — около 15%;

в) повреждение изоляторов, переключателей, оплавление стали сердечника, разгерметизация бака и др. — 10—15%.

Перечисленные повреждения происходят из-за атмосферных перенапряжений, коротких замыканий со стороны обмотки низшего напряжения, витковых замыканий, отсутствия или неудовлетворительного регулирования защиты, несоблюдения сроков и объемов планового обслуживания трансформаторов, а также из-за нарушения технологии ремонта и изготовления трансформаторов. Вопросы техники безопасности при эксплуатации трансформаторов рассмотрены в главе третьей.

Контрольные вопросы

1. Каковы степень средней нагрузки и ее асимметрии трансформаторов сельских электрических сетей?
2. Каков объем испытаний трансформаторов перед их включением?
3. При каких условиях возможна параллельная работа трансформаторов?
4. Что такое фазировка трансформаторов?
5. Какими способами определяют группу соединения обмоток трансформатора?
6. Как определяют экономическую целесообразность параллельной работы трансформаторов?
7. В какие сроки проводят осмотры трансформаторов без их отключения?
8. Каков объем операций при наружном осмотре?
9. В какие сроки проводят профилактические испытания трансформаторов?
10. Какие систематические и аварийные перегрузки допускают трансформаторы?

11. Как контролируют температуру нагрева трансформатора, допускаемые температуры нагрева?
12. Каким образом определяют состояние изоляции обмоток трансформатора?
13. Как определить возможность включения трансформатора без сушки?
14. Какие способы сушки трансформаторов наиболее приемлемы в условиях эксплуатации?
15. Как определить параметры сушки трансформаторов потерями в собственном баке?
16. Как определить параметры сушки трансформаторов токами нулевой последовательности?
17. Какие основные требования предъявляются к трансформаторному маслу при его эксплуатации?
18. Какие существуют способы очистки и восстановления трансформаторного масла?
19. Какие основные неисправности наблюдаются при эксплуатации трансформаторов?
20. Каковы основные правила техники безопасности, которые необходимо соблюдать при эксплуатации трансформаторов?
21. Объясните принцип действия аппарата для испытания трансформаторного масла.

Лабораторная работа 4

Проверка трансформатора перед включением в сеть

Цель работы. Изучить способы проверки трансформаторов перед включением в эксплуатацию и способы их сушки.

План работы. 1. Проверить состояние изоляции обмоток трансформаторов при помощи мегомметра или прибора ПКВ.

2. Определить группу соединения обмоток трансформатора.

3. Сфазировать трансформаторы и включить их на параллельную работу.

4. Рассчитать намагничивающую обмотку для сушки трансформаторов потерями в собственном баке.

5. Определить параметры сушки трансформаторов токами нулевой последовательности.

Пояснения к работе. Состояние изоляции и степень ее увлажнения определяют при помощи мегомметра и прибора ПКВ (см. § 5 настоящей главы, а также инструкцию, приложенную к прибору). Группу соединения обмоток трансформатора определяют при помощи вольтметра, полярометра или фазометра. Фазировку проводят при помощи вольтметра.

При заданных параметрах включают трансформаторы на параллельную работу и определяют их нагрузки при нарушениях требований к параллельной работе.

Определение параметров при сушке трансформаторов различными способами ведут в соответствии с § 6 данной главы.

Лабораторная работа 5

Определение электрической прочности трансформаторного масла

Цель работы. Освоить методику испытания трансформаторного масла.

План работы. 1. Определить электрическую прочность трансформаторного масла.

2. Определить содержание взвешенного углерода в масле.

3. Определить наличие воды и механических примесей.

Пояснения к работе. Испытание масла проводят на стандартном маслопробойнике при расстоянии между электродами 2,5 мм. Объем масла должен быть 100—200 см³. Напряжение поднимают со скоростью 1—2 кВ/с. Сосуд и электроды должны быть совершенно сухими и чистыми, после промывки нельзя касаться их внутренней поверхности.

Пробы масла берут в соответствии с вышеприведенными требованиями. Делают шесть пробоев, первый из которых не учитывается при расчете среднего значения пробивного напряжения. Пробой устанавливают по возникновению непрерывной электрической дуги между электродами, а не по единичному проскакиванию искр.

Работу выполняют в такой последовательности.

1. Знакомятся со схемой и работой маслопробойника.

2. Устанавливают требуемый зазор между электродами, промывают чистым маслом сосуд, заполняют его маслом так, чтобы уровень его был выше электродов на 15 мм, закрывают крышку.

3. Заземляют корпус шкафа. Выжидают 1 мин, пока из масла удалятся пузырьки воздуха.

4. Включают рубильник, при этом загорается зеленая сигнальная лампа.

5. Включают кнопку автомата, после чего загорает-

ся красная сигнальная лампа (установка под напряжением!).

6. Плавным передвижением движка повышают напряжение на электродах до пробоя масла — образования сплошной ярко светящейся дуги. Показания вольтметра при этом падают до нуля и автомат максимального тока отключает установку. После пробоя движок ставят снова в нулевое положение.

7. Следующие 5 пробоев для данного образца масла делают с интервалом между ними 5 мин в той же последовательности. После каждого пробоя чистой стеклянной палочкой (хранится в чистом сухом масле) удаляют с электродов образовавшиеся при пробое частицы углерода и пузырьки газа.

8. По последним пяти пробоям определяют среднее значение электрической прочности масла и записывают в протокол испытания.

Взвешенный углерод и содержание воды определяют так, как описано выше.

Прозрачность и наличие механических примесей определяют визуально.

§ 1. СРОКИ И ОБЪЕМЫ ТЕКУЩИХ И КАПИТАЛЬНЫХ РЕМОНТОВ

Текущие ремонты трансформаторов с их отключением, но без выемки сердечника проводят по мере необходимости, но не реже одного раза в три года, а для трансформаторов 35/6—10 кВ не реже одного раза в год.

Капитальный ремонт трансформаторов электростанций и понизительных подстанций с напряжением 35 кВ с выемкой сердечника делают первый раз через шесть лет после ввода в эксплуатацию, а в дальнейшем по мере необходимости в зависимости от результатов измерений и состояния трансформатора. Однако в зависимости от типа трансформатора, условий транспортировки, монтажа и эксплуатации сроки текущих и капитальных ремонтов могут быть изменены.

Так, Всесоюзное объединение «Главэлектроремонт» устанавливает следующие интервалы между капитальными ремонтами трансформаторов I и II габаритов:

- 1) для новых трансформаторов — 6—8 лет;
- 2) для трансформаторов с частичной герметизацией и защитой масла после капитального ремонта (включая случаи установки расширителей и термосифонных фильтров при ремонте) — 4—5 лет;
- 3) для трансформаторов, прошедших восстановительный капитальный ремонт (без герметизации и защиты масла) — 2—3 года.

В объем текущего ремонта трансформаторов с обязательным их отключением входят все операции наружного осмотра (см. выше) и устранение обнаруженных

неисправностей, а также чистка и окраска бака, ремонт пробивных предохранителей в трансформаторах с изолированной нейтралью, ремонт и замена заземляющих проводников, маслоуказательных устройств, контактов и соединений. Сливают отстой из расширителя, доливают масло, подтягивают болты уплотнений, измеряют сопротивление изоляции и определяют электрическую прочность масла.

Объем капитального ремонта трансформатора в каждом конкретном случае специфичен и определяется видами и степенью повреждения. Часто капитальный ремонт является восстановительным, включает в себя замену (перемотку) обмоток трансформатора и ряд других подобных операций и таким образом приближается по объему работ к изготовлению трансформатора.

Текущий ремонт трансформаторов проводят на месте их установки с обязательным отключением от источников питания. Капитальные ремонты делают на электро-ремонтных предприятиях.

§ 2. ПРИЕМ В РЕМОНТ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА РЕМОНТА

Принимая в ремонт трансформатор, его осматривают, определяют наличие и качество масла (испытание на пробы и сокращенный химический анализ), знакомятся с эксплуатационно-технической документацией о работе и неисправностях трансформатора в период эксплуатации и с техническими условиями на ремонт, предъявленными заказчиком.

Прием в ремонт сопровождается оформлением приемо-сдаточного акта. При этом открывается заказ и карта (формуляр) ремонта или ведомость дефектов, куда записывают номер заказа, паспортные данные трансформатора, требования заказчика, неисправности, обнаруженные при осмотре и в процессе разборки. На основании этих данных определяют объем ремонта.

Иногда для определения повреждений на месте разборки или на испытательной станции предприятия проводят необходимые испытания.

§ 3. РАЗБОРКА ТРАНСФОРМАТОРА

Перед разборкой трансформатор очищают от пыли и грязи ветошью, смоченной в керосине. Разборку ведут только в закрытом помещении, защищая выемную часть

от загрязнений и влаги. Вначале освобождают крышку бака от болтов. Выемную часть трансформатора поднимают после слива масла до уровня ниже уплотняющей прокладки крышки при наличии расширителя или ниже выводов в трансформаторах без расширителей. Для подъема выемной части используют таль или краны. Стропы крепят к специальным рымболтам на крышке бака. Рымболты должны быть плотно завернуты. Угол между стропами и вертикалью не должен превышать 30° , в противном случае нужно ставить распорки между стропами.

Выемную часть можно поднимать только в том случае, если ее температура (определяемая по температуре масла) не более чем на 5° ниже температуры помещения. Иначе на холодном сердечнике будет конденсироваться влага, содержащаяся в теплом помещении, что приведет к увлажнению изоляции трансформатора и необходимости последующей его сушки. Во избежание этого рекомендуется трансформаторы мощностью до 1000 кВ·А перед разборкой выдерживать в помещении не менее 24 ч.

При подъеме выемной части ее необходимо осмотреть и промыть струей масла для освобождения обмоток и сердечника от грязи и шлама. Параллельно с этим осматривают, чистят и ремонтируют бак, расширитель, заменяют уплотнители и т. п. Выемную часть разбирают в такой последовательности: отъединяют крышку бака, отвинчивают подъемные штанги, распаивают выводы обмоток, снимают крепежные шпильки верхнего ярма, ярмо расшихтовывают, стержни магнитопровода через отверстия для шпилек связывают киперной лентой. После этого определяют необходимость дальнейшей разборки.

При ремонте трансформаторов нужно ограничиваться минимальной необходимой разборкой, чтобы избежать ненужного объема работ и не повредить при разборке исправные элементы выемной части.

При разборке желательно делать эскизы схем соединения, узлов и т. п., чтобы упростить в дальнейшем процесс сборки. Разборку нужно вести осторожно, сохраняя все исправные элементы, чтобы использовать их при ремонте. Детали следует хранить на стеллажах, для каждого трансформатора отдельно.

Листы ярма хранят в пакетах, чтобы избежать кор-

розии. Некоторые детали во избежание увлажнения погружают в масляные ванны. На все демонтированные детали вешают бирки с указанием номера заказа.

Определение состояния изоляции трансформатора — самый трудоемкий процесс при ремонте. Новая изоляция может иметь низкое сопротивление только из-за увлажнения, а старая изоляция может иметь большое сопротивление, но быть механически непрочной и рассыпаться при малейшем воздействии.

О состоянии изоляции судят и по сопротивлению, и по ее механической прочности. Например, полоску электрокартона, вырезанную из главной изоляции ярма, сгибают пальцами под прямым углом и затем свободно складывают вдвое без сдавливания места сгиба. Если при полном сгибе вдвое электрокартон не ломается, изоляция хорошая (свежая), если при полном сгибе образуются трещины, изоляция удовлетворительная, если электрокартон при этом ломается, изоляция ограничено годная, если при сгибе до прямого угла электрокартон ломается, изоляция негодная.

После окончания разборки проводят окончательную дефектацию трансформатора, заполняют ведомость и определяют объем предстоящего ремонта. В трансформаторе может быть три повреждения электрических цепей: обрыв в обмотке или в обмотках, замыкание между обмотками или между обмотками и баком и межвитковое замыкание. Все эти повреждения легко определить известными методами: мегомметра или контрольной лампы, симметрии токов или напряжений и методом милливольтметра.

К другим повреждениям трансформаторов относятся замыкание листов сердечника между собой, так называемый «пожар» в стали, обрыв заземляющего устройства магнитопровода, ненормальное гудение магнитопровода трансформатора и повреждения бака. «Пожар» в стали может возникнуть в результате замыкания шпильки, прессующей магнитопровод, с листами магнитопровода. Такое замыкание может возникнуть при транспортировке трансформатора из-за дефектов изготовления и монтажа шпильки и старения ее изоляции. Кроме того, «пожар» в стали может возникнуть вследствие разрушения межлистовой изоляции и замыкания листов стали магнитопровода между собой (из-за ухудшения прессовки стали). «Пожар» в стали приводит к

потемнению масла, снижению температуры его вспышки, появлению шлама.

В эксплуатации такое повреждение можно определить при помощи опыта холостого хода трансформатора. При обрыве заземляющего устройства между магнитопроводом и баком появляется треск внутри трансформатора, нарушающий его равномерный гул. Этот треск вызван появлением статических зарядов на магнитопроводе и переходом их на заземленный бак трансформатора.

Ненормальное гудение трансформатора вызывается рядом причин: повышенным напряжением сети, перегрузкой, асимметрией токов по фазам, недостаточной прессовой магнитопровода и т. д.

Сборку трансформатора ведут в обратной последовательности по сравнению с разборкой.

Если выемная часть трансформатора перед сборкой находилась вне масляной среды не более 12 ч при относительной влажности воздуха не более 75%, ее можно не сушить.

Собранный трансформатор заливают чистым сухим маслом вначале через пробку в крышке бака, а затем через пробку расширителя. При этом температура масла должна равняться температуре выемной части.

§ 4. РЕМОНТ ОБМОТОК

В послевоенный период в сельской электрификации применяли трансформаторы типа ТМ с сердечниками из горячекатаной трансформаторной стали и с обмотками из медного провода. В 50-х годах обмотки трансформаторов I и II габаритов стали изготавливать из алюминиевого провода — трансформаторы типа ТМА. В 60-х годах стали применять сердечники из текстурованной холоднокатаной стали высокой проницаемости — трансформаторы ТСМА. В настоящее время эти трансформаторы с сердечниками из холоднокатаной стали и с алюминиевыми обмотками имеют обозначение ТМ.

Обмотки трансформаторов выполняют цилиндрическими одно- и двухслойными на стороне низшего напряжения (НН) и цилиндрическими многослойными на стороне высшего напряжения (ВН). Провод обмотки НН обычно имеет прямоугольное сечение, его изолируют ка-

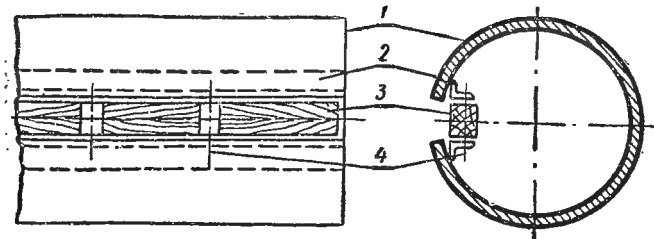


Рис. 25. Универсальный шаблон для намотки катушек трансформаторов:

1 — цилиндр; 2 — фланец; 3 — дистанционная рейка; 4 — стяжной болт.

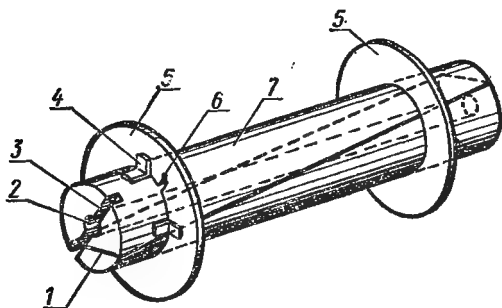


Рис. 26. Индивидуальный шаблон для намотки катушек трансформаторов:

1 — разрез для съема обмоток; 2 — отверстие для вала; 3 — прорезь для ведущей планшайбы; 4 — крепление диска; 5 — упорный диск; 6 — отверстие для закрепления отвода обмотки; 7 — шаблон.

бельной бумагой (провод марки ПБ) или кабельной бумагой с хлопчатобумажной оплеткой (ПББО).

Провод обмотки ВН имеет круглое сечение и может иметь изоляцию из кабельной бумаги, эмалевую или комбинированную, например провод марки ПЭЛБО. Ремонт обмотки состоит практически в ее намотке. Из нового или восстановленного провода наматывают новую катушку, размеры которой должны полностью соответствовать размерам старой. Восстанавливают провод только с волокнистой или бумажной изоляцией. Для намотки катушек применяют специальные или универсальные раздвижные шаблоны (рис. 25, 26). Диаметр шаблона соответствует внутреннему диаметру наматываемой

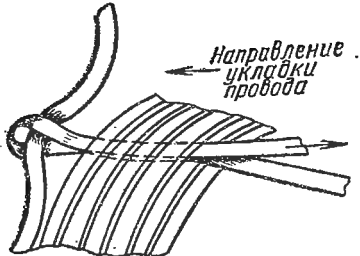


Рис. 27. Схема бандажирования катушки трансформатора.

катушки. Катушки наматывают на специальных намоточных или на обычных токарных станках.

В соответствии с технологическими картами катушку НН наматывают следующим образом. На шаблон накладывают слой пропитанной трансформаторным маслом кабельной бумаги, а затем два слоя электрокартона

толщиной 0,5 мм, шириной, равной высоте будущей катушки. Выводной конец катушки закрепляют в щечке шаблона. Для придания катушке необходимой жесткости нужно обеспечить перпендикулярность ее торцевой части к осевой линии. Для этого на первом витке при помощи киперной ленты закрепляют уравнительный пояс из электрокартона. Толщина пояса равна толщине изолированного провода, ширина в начале его составляет 2—3 мм, а в конце равна высоте изолированного провода, длина пояса равна длине витка катушки. Для придания жесткости катушке первые несколько витков крепят друг к другу киперной лентой (рис. 27).

Катушку НН наматывают на станке, а соответствующий натяг и укладку витка к витку осуществляют вручную. Деревянным молотком витки подколачивают один к другому. Уравнительный пояс крепят и на последнем витке катушки. Бандажируют катушку киперной лентой.

Катушки ВН наматывают также на станках, причем их можно наматывать на изоляционный цилиндр (жесткий цилиндр или гильзу) или на обмотку НН. При этом на обмотку НН накладывают промежуточные рейки, надевают цилиндр и затем на цилиндр наматывают катушку ВН или на катушку НН надевают промежуточные и временные по числу основных рейки, на рейки наматывают несколько слоев электрокартона, а затем обмотку ВН.

После намотки катушки ВН временные рейки вынимают, так как они служат только для предохранения от деформаций гибкого изоляционного цилиндра. Для придания катушкам ВН жесткости перед первым витком и

после последнего слоя на катушку наматывают торцевые пояски. Поясок закрепляют телефонной или тонкой кабельной бумагой, которая хомутиком охватывает поясok по всей его длине.

Изготовленные катушки ВН и НН проверяют перед пропиткой на соответствие фактических размеров, сечения и числа витков расчетным данным. Число витков проверяют при помощи определения коэффициента трансформации на магнитопроводе с раздвижным ярмом и эталонными катушками.

§ 5. ПРОПИТКА И СУШКА ОБМОТОК

До 50-х годов обмотки НН и ВН всех трансформаторов I и II габаритов подвергались пропитке в изоляционных лаках. Работами Всесоюзного электротехнического института (ВЭИ) было показано, что пропитка лаками обмоток трансформаторов при работе последних в масле недостаточно эффективна, но усложняет технологию изготовления катушек. Некоторые трансформаторные заводы приняли рекомендации ВЭИ и отказались от пропитки обмоток, на других заводах она сохранилась. Пропитка волокнистых материалов изоляционными лаками увеличивает их электрическую и механическую прочность, повышает влагостойкость, химостойкость, теплостойкость и т. п.

Технология пропитки обмоток такова. Перед пропиткой катушки сушат при температуре около 105°C в течение нескольких часов. Продолжительность сушки находится в прямой зависимости от размеров обмоток. После остывания катушек до температуры $50\text{--}60^{\circ}\text{C}$ их опускают в ванны с пропиточным лаком. Для пропитки катушек масляных трансформаторов применяют маслостойкие бакелитовый и глифталевый лаки. Глифталевый лак более качествен и теплостоек, чем бакелитовый. Пропитка заканчивается после того, как прекратится выделение пузырьков из лака, обычно для пропитки достаточно 15—20 мин. После пропитки катушки вынимают из лака, ставят на решетки, чтобы дать возможность стечь излишкам лака. Затем их снова подвергают сушке. Высушенные катушки отправляют на сборку трансформатора.

§ 6. НЕИСПРАВНОСТИ И РЕМОНТ МАГНИТОПРОВОДОВ

Расшихтовку верхнего ярма начинают со стороны отводов обмотки ВН до середины ярма, а затем продолжают со стороны обмотки НН. Листы во время разборки складывают в том же порядке, в каком они размещались в ярме.

Расшихтовку стержней нижнего ярма выполняют аналогично. При этом составляют схему шихтовки с размерами сердечника. В процессе разборки листы осматривают, дефектные листы убирают, вместо них временно в пакеты вкладывают полоски картона.

Процесс расшихтовки прост, но его нужно выполнять аккуратно, чтобы не повредить изоляцию стали и не перепутать листы.

Ремонт поврежденного магнитопровода заключается в замене прогоревших листов новыми и восстановлении изоляции листов. С поврежденных листов счищают наплывы металла, заусеницы и поврежденную изоляцию, оголенные места листов изолируют электроизоляционным лаком или бумагой. При отсутствии новых листов можно пускать в сборку только те поврежденные (ранее) листы, которые имеют сечение в местах повреждения не менее 60% нормального, а выжженную площадь — не более 10% общей площади листа. При этом допускается уменьшение сечения ярма или стержня в месте повреждения не более чем на 2% по сравнению с первоначальным. В этом случае поврежденные листы можно располагать на одном стержне или ярме, чередуя их при шихтовке с неповрежденными.

§ 7. МЕЖОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ РЕМОНТНЫХ РАБОТ. ПРОВЕРКА И СУШКА ВЫЕМНОЙ ЧАСТИ ТРАНСФОРМАТОРА ПЕРЕД СБОРКОЙ

В процессе ремонта проводят межоперационный контроль. Так, при намотке катушек проверяют сечение и марку провода, число витков в слое, число слоев, тип межслоевой изоляции, размеры уравнильных поясков, направление намотки, схему соединения обмоток. При сборке выемной части проверяют изоляционные расстояния между катушками и ярмом, между сердечником и обмоткой НН, между обмотками НН и ВН и между обмотками ВН разных фаз. При шихтовке сердечника и яр-

ма обращают внимание на правильность шихтовки, следят, чтобы не было перекосов листов и значительных зазоров между стыкующими листами. Проведение межоперационного контроля позволяет избежать дефектов в процессе ремонта.

Полностью собранную выемную часть трансформатора проверяют на отсутствие замыканий между обмотками НН и ВН, а если обмотки не соединены в схему, то и между катушками ВН и НН разных фаз, на отсутствие замыканий между обмотками и сердечником трансформатора, между стяжными шпильками и сердечником. Собранную выемную часть подвергают сушке.

Так как сопротивление изоляции трансформатора не нормируется, то основным критерием состояния изоляции является кривая зависимости сопротивления изоляции от продолжительности сушки при данной температуре нагрева (рис. 28).

С ростом температуры обмотки сопротивление ее изоляции понижается и тем более, чем более увлажнена изоляция. Достигнув установившегося состояния, сопротивление изоляции остается некоторое время неизменным, затем изоляция начинает осушаться и сопротивление ее возрастает до нового установившегося значения (при данной температуре нагрева). Сохранение сопротивления изоляции неизменным в течение 6—8 ч указывает на окончание процесса сушки. При отключении источника нагрева (охлаждение трансформатора) сопротивление изоляции возрастает и тем более круто, чем более влаги осталось в изоляции.

Полученные значения сопротивления изоляции сравниваются с данными завода-изготовителя. Допускается снижение сопротивления изоляции (при данной температуре) не более чем на 30%. Если отсутствуют данные завода-изготовителя о сопротивлении изоляции, то после тщательного проведения сушки трансформатора за исходное берут полученное значение сопротивления обмотки.

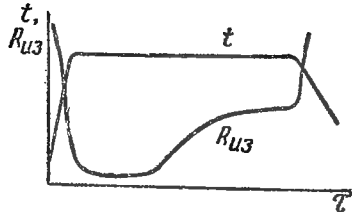


Рис. 28. Кривая зависимости сопротивления изоляции от продолжительности сушки.

В некоторых случаях сушку повторяют, чтобы убедиться в том, что полученное значение сопротивления изоляции не изменилось при одних и тех же условиях сушки.

§ 8. ИСПЫТАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПОСЛЕ РЕМОНТА

После ремонта трансформаторы подвергают двум видам испытаний: контрольным и типовым. Контрольным испытаниям подвергают каждый выпускаемый из ремонта трансформатор. Типовым испытаниям подвергают трансформаторы, при ремонте которых были внесены какие-либо изменения параметров: напряжение, тип обмотки, марка провода и т. п.

В объем контрольных испытаний входит следующее:

- 1) определение коэффициента трансформации;
- 2) проверка группы соединения обмоток;
- 3) измерение сопротивления обмоток постоянному току;
- 4) испытание трансформаторного масла;
- 5) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно друг друга и бака;
- 6) испытание электрической прочности изоляции обмоток;
- 7) опыт холостого хода;
- 8) испытание витковой изоляции обмоток;
- 9) опыт короткого замыкания;
- 10) испытание бака на плотность.

В объем типовых испытаний дополнительно входят:

- 1) испытание на нагрев;
- 2) испытание герметичности бака трансформатора (для трансформаторов мощностью 630 кВ·А и выше);
- 3) испытание динамической прочности обмоток при внезапных коротких замыканиях.

Выполнение пунктов 1, 2, 3, 4 и 5 описано выше. Рассмотрим кратко выполнение других операций контрольных испытаний.

Испытание электрической прочности изоляции обмотки проводят для полностью собранных и залитых маслом трансформаторов. Значения испытательных напряжений трансформаторов на заводе-изготовителе приведены в таблице 9.

Испытательные напряжения трансформаторов после капитального ремонта снижаются до 90% от приведенных выше для отечественных трансформаторов и до

Номинальное напряжение обмотки трансформатора, кВ	3	6	10
Испытательное напряже- ние, кВ	18	25	35

85% для импортных; после ремонта без смены обмоток это напряжение уменьшается до 75% для всех типов трансформаторов.

Изоляцию обмоток испытывают при помощи аппаратов ТУ-158, ТУ-235, АКИ-50, АИИ-70, АКИИ-72 и др. Испытание длится одну минуту. Включение повышенного напряжения может быть сделано толчком при напряжении до 25% испытательного, после испытания напряжение снижают до этого же значения и отключают. Напряжение должно быть синусоидальным, частота 50 Гц с отклонениями не более $\pm 5\%$.

Мощность испытательной установки должна составлять не менее 0,5—1% мощности испытуемого трансформатора.

Результаты испытаний считаются положительными, если не произошло пробоя изоляции, перекрытий и скользящих разрядов, отмеченных приборами.

Опыт холостого хода проводят для определения тока и потерь холостого хода. Среднее арифметическое значение фазного холостого хода не должно отличаться от заводских значений более чем на $+30\%$, а потери мощности — на $+15\%$.

Большие отклонения полученных величин свидетельствуют о несоответствии числа витков обмотки расчетному значению, или о некачественной шихтовке магнитопровода, или о замыкании листов магнитопровода между собой, или же о витковом замыкании в обмотке.

Испытание электрической прочности витковой изоляции проводят вслед за опытом холостого хода по той же схеме, но при напряжении, равном 1,3 номинального. Продолжительность испытания 5 мин. Трансформатор должен быть залит маслом. При исправном трансформаторе во время испытаний не должно наблюдаться разрядов в баке и бросков тока.

Опыт короткого замыкания проводят для определения соответствия напряжения и потерь короткого замы-

кания заводским или расчетным. Напряжение короткого замыкания нормируется ГОСТом, оно выбито на паспортном щитке.

Допускается отклонение потерь и напряжения короткого замыкания от заводских данных не более чем на 10%. Значительные отклонения между опытными и заводскими данными указывают на несоответствие сечения обмотки или ее размеров расчетным значениям или на плохие контакты в соединениях схемы обмоток.

Полученные при испытании результаты приводят к нормированной температуре 75°C по формулам

$$P_{к75} = P_{кт} \frac{310}{235 + t},$$

$$U_{к75} = \sqrt{U_{кт}^2 + \left(\frac{P_{кт}}{10S_n}\right)^2 \left[\left(\frac{310}{235 + t}\right)^2 - 1\right]},$$

где $P_{к75}$ и $U_{к75}$ — соответственно потери и напряжение короткого замыкания при температуре 75°C и номинальных токах в обмотках;

$P_{кт}$ и $U_{кт}$ — то же, при температуре $t^\circ\text{C}$, при которой проводили опыт короткого замыкания.

Если опыт короткого замыкания протекал при токе I_n ниже номинального, то номинальные напряжения U_k и потери короткого замыкания P_k подсчитывают по формулам

$$U_k = U'_k \frac{I_n}{I_k},$$

$$P_k = P'_k \left(\frac{I_n}{I_k}\right)^2,$$

где U'_k и P'_k — напряжение и потери короткого замыкания при токе I_k , при котором проводился опыт.

Значение тока I_k подставляют как среднее арифметическое значение токов трех фаз трансформатора.

Испытание бака трансформатора на герметичность позволяет проверить доброкачественность уплотнений. Эту проверку проводят избыточным давлением, создаваемым путем установки на баке трубки с воронкой, за-

полненной чистым сухим маслом. При этом трансформатор должен быть полностью собран, а его дыхательные отверстия закрыты. Высота масляного столба должна равняться 1,5—1,6 м. Длительность испытания 2 ч. Считается, что трансформатор выдержал испытание, если не обнаружено течи масла в сварных швах бака и расширителя, в местах уплотнений, в спускном кране и отверстиях для болтов и изоляторов. Устранять течь в период испытания не разрешается. Это делают только при полностью удаленном масле и извлеченной из бака выемной части.

Сообщаемость расширителя с баком проверяют после испытания бака под давлением. Для этого открывают нижний кран трансформатора и спускают масло до нормального уровня.

§ 9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ И ИСПЫТАНИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

При проведении ремонта силовых трансформаторов необходимо прежде всего соблюдать правила пожарной безопасности, так как трансформаторное масло — это пожаро- и взрывоопасный материал. Горючими и легковоспламеняющимися являются и большинство изоляционных материалов: лаки, лакоткани, бумага, дерево и т. п.

Полностью собранный трансформатор можно поднимать только за специальные подъемные скобы или рымболты, приваренные к стенке бака. Нельзя поднимать собранный трансформатор за кольца выемной (активной) части. Перемещать трансформаторы надо осторожно, чтобы не повредить кожух, изоляторы и т. п.

Механизмы, приспособления и инструменты, употребляемые при погрузочно-разгрузочных работах, должны быть исправны и соответствовать рабочей нагрузке.

Ремонт или даже частичные работы на поднятом и неопущенном на рабочее место трансформаторе недопустимы.

В период ремонта и после него трансформаторы подвергают межоперационному контролю и послеремонтным испытаниям. Места контроля должны быть специально огорожены и иметь на входных дверях блокировку, кото-

рая отключает питание испытательных установок при открытии дверей.

При испытаниях трансформаторов используют установки высокого напряжения, имеющие повышенную опасность, поэтому на них должны работать электромонтеры с квалификационной группой по технике безопасности не менее III или IV.

Контрольные вопросы

1. Каковы периодичность и объем текущих ремонтов трансформаторов?
2. Каковы периодичность и объем капитальных ремонтов трансформаторов?
3. Какова последовательность разборки и сборки трансформаторов?
4. Как определить степень износа изоляции трансформатора?
5. Каковы основные повреждения трансформаторов?
6. Какими методами обнаруживают повреждения трансформаторов?
7. Перечислите основные операции ремонта обмоток.
8. Из каких основных операций состоит ремонт магнитопровода?
9. Какие операции входят в объем контрольных испытаний трансформатора?
10. Какие операции входят в объем капитального ремонта трансформатора?
11. Расскажите о методике проведения каждого вида контрольных испытаний трансформаторов.
12. Назовите основные меры по технике безопасности при ремонте трансформаторов.

Лабораторная работа 6

Послеремонтные испытания трансформаторов

Цель работы. Закрепить знания по объему и методике проведения контрольных испытаний трансформаторов после ремонта.

Порядок выполнения работы. 1. Уточнить объем контрольных испытаний.

2. Установить последовательность проведения испытаний.

3. Выбрать приборы для проведения каждого опыта контрольных испытаний.

4. Уточнить методику проведения каждого опыта испытаний.

5. Провести каждый опыт контрольных испытаний.

6. Дать заключение о состоянии трансформатора.

Практические занятия

Составить дефектовочную ведомость на ремонт трансформатора и заполнить документацию по испытаниям.

Каждый учащийся самостоятельно изучает техническую документацию по дефектации и испытаниям трансформатора.

Имея реальные образцы трансформаторов и данные по их дефектации и испытаниям, учащиеся, пользуясь указаниями преподавателя, заполняют необходимую техническую документацию.

§ 1. ОБЪЕМ И НОРМЫ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

При приемке смонтированной электрической машины в эксплуатацию ее необходимо тщательно осмотреть. Сама машина, ее пускозащитная аппаратура и вспомогательное оборудование должны быть доступными для осмотра и ремонта и соответствовать условиям эксплуатации.

На электродвигателях и приводимых механизмах нужно стрелками указать направление вращения.

Аппаратуру управления следует по возможности располагать ближе к электрическим машинам в местах, удобных для обслуживания и ремонта. Если аппаратура управления находится вне видимости электропровода, то нужно установить дополнительную кнопочную станцию непосредственно у электродвигателя и обеспечить сигнализацию о предстоящем пуске механизма.

Для контроля напряжения на щитах должны быть установлены вольтметры или сигнальные лампы, а для наблюдения за режимом работы электрических машин — амперметры.

У электрических машин переменного тока при их приемке в эксплуатацию необходимо измерить сопротивление изоляции между фазами и между фазами и корпусом. Для измерения используют мегомметр напряжением 500—1000 В для машин с номинальным напряжением до 1000 В. Обычно значение сопротивления изоляции обмоток должно быть не ниже 0,5 МОм. Сопротивление изоляции катушек аппаратов также должно

составлять не менее 0,5 МОм. Корпуса электрических машин заземляют. Причем заземляющие проводники размещают так, чтобы они были доступными для осмотра, и окрашивают в отличительный цвет (обычно черный). Кроме того, создают надежный контакт заземляющих проводников с машиной. В местах, где возможны механические повреждения, проводники защищают.

§ 2. ПУСК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Пуск синхронных генераторов. Перед пуском генератора в работу его следует очистить от пыли и грязи и тщательно осмотреть. При этом необходимо сделать следующее:

- 1) осмотреть крепежные детали, при необходимости подтянуть болты и гайки.
- 2) проверить смазку в подшипниках, при необходимости — пополнить ее;
- 3) проверить состояние щеточного механизма генератора и возбuditеля, а также положение щеток на коллекторе (для генераторов с машинным возбuditелем);
- 4) проверить вал генератора и убедиться в свободном вращении его в обе стороны;
- 5) измерить сопротивление изоляции обмоток генератора и цепей возбуждения. Сопротивление изоляции обмоток генератора должно быть не менее 0,5 МОм;
- 6) проверить работу приводов пускозащитной аппаратуры;
- 7) проверить состояние заземления. Ослабевшие и окислившиеся контакты разобрать, зачистить, смазать техническим вазелином, собрать и затянуть;
- 8) осмотреть первичный двигатель.

После сделанных операций следует запустить первичный двигатель и установить номинальную скорость вращения. При этом необходимо убедиться в отсутствии посторонних шумов и вибрации генератора. Затем при помощи реостата в цепи возбуждения установить номинальное напряжение на генераторе. Нагружать генератор нужно постепенно. Номинальное напряжение при этом поддерживают путем увеличения частоты вращения первичного двигателя и уменьшения сопротивления реостата в цепи возбуждения.

Пуск асинхронных двигателей. Перед вводом в эксплуатацию асинхронных двигателей необходимо проде-

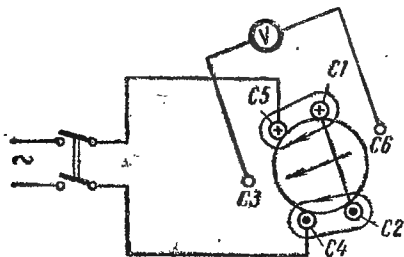


Рис. 29. Маркировка выводных концов трехфазных электрических машин индукционным методом.

лать операции, указанные в пунктах 1, 2, 4, 5, 6 и 7, выполняемых при пуске синхронных генераторов.

Если на выводных концах нет маркировки, то начало и концы фаз можно определить опытным путем. Наиболее простой способ индукционный. Сущность его заключается в следующем. Вначале,

определив при помощи контрольной лампы или мегомметра начала и концы фаз, соединяют между собой два проводника, принадлежащие различным фазам. На две последовательно соединенные фазы подают переменное напряжение 127—220 В, а к третьей фазе подключают контрольную лампу или вольтметр. Если фазы подключены одноименными выводами, например «началами» или «концами», напряжение на третьей фазе будет отсутствовать. Затем подключенную ранее к вольтметру или лампочке фазу меняют местами с одной из двух последовательно соединенных фаз и аналогично проводят маркировку третьей фазы (рис. 29). Найденные таким путем начала фаз обозначают $C1$, $C2$, $C3$, а концы — $C4$, $C5$, $C6$.

Прямой пуск асинхронного короткозамкнутого двигателя чрезвычайно прост и заключается в замыкании пускового аппарата на сеть. При пуске короткозамкнутых двигателей следует учитывать, что пусковой ток в 5—7 раз превышает номинальный. Поэтому такие двигатели могут выдержать максимально три пуска из холодного состояния с интервалом около одной минуты и 1—2 пуска при горячем состоянии.

Асинхронный двигатель с фазным ротором запускают при помощи пускового аппарата, включенного в цепь ротора. При этом рукоятку пускового реостата устанавливают в положение «Пуск», щетки опускают на контактные кольца при разомкнутом короткозамыкающем устройстве. После включения коммутирующего аппарата двигатель начинает вращаться, после чего сопротивление реостата медленно выводят. Когда ротор достиг-

нет номинальной частоты вращения, пусковой реостат полностью выводят. При этом щетки поднимаются и обмотка ротора автоматически закорачивается. После отключения электродвигателя рукоятку пускового реостата устанавливают в положение «Пуск», для того чтобы подготовить электродвигатель к следующему пуску.

Как указывалось выше, при пуске асинхронного короткозамкнутого двигателя пусковой ток может достигнуть 7-кратного значения по сравнению с номинальным. Поэтому при питании электродвигателя от источника малой мощности может произойти резкое снижение напряжения в сети, что вызовет ухудшение работы других потребителей, питающихся от этого же источника.

При пуске асинхронного двигателя от трансформатора потери напряжения определяют по формуле

$$\Delta u \% = \frac{z_{\text{л}} + z_{\text{к}}}{z_{\text{л}} + z_{\text{к}} + z_{\text{д}}} 100.$$

Здесь $z_{\text{л}}$ — сопротивление линии, зависящее от марки, сечения и длины провода;

$z_{\text{к}}$ — сопротивление короткого замыкания трансформатора, определяемое по его паспортным данным;

$z_{\text{д}}$ — сопротивление электродвигателя при пуске,

$$z_{\text{д}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} I_{\text{н}}},$$

где $U_{\text{н}}$ — номинальное напряжение;

$I_{\text{н}}$ — пусковой ток электродвигателя.

При пуске двигателя от асинхронного генератора потери напряжения можно определить как

$$\Delta u \% = \frac{z_{\text{л}} + z_{\text{г}}}{z_{\text{л}} + z_{\text{г}} + z_{\text{д}}} 100,$$

где $z_{\text{г}}$ — сопротивление генератора.

Прямой пуск асинхронных короткозамкнутых двигателей допускается только в том случае, если при этом не произойдет снижения напряжения сети на 15—20% от номинального.

При решении вопроса о прямом пуске асинхронных двигателей в зависимости от рода источника питания можно воспользоваться таблицей 10.

Для снижения значения пусковых токов асинхронных короткозамкнутых двигателей существует ряд способов

Источник питания	Предельная мощность электродвигателей, пускаемых от полного напряжения
Трансформатор, питающий только силовую сеть	20% мощности трансформатора при частых пусках
Трансформатор, питающий сеть со смешанной нагрузкой	30% мощности трансформатора при редких пусках
Синхронный генератор	4% мощности трансформатора при частых пусках
	8% мощности трансформатора при редких пусках
	12% мощности генератора

пуска: пуск двигателя с переключением обмотки со звезды на треугольник (для двигателя, имеющего нормальное соединение обмотки в треугольник), автотрансформаторный пуск и пуск при помощи реактора.

Однако при этих способах пуска требуется дополнительная аппаратура, что приводит к некоторому усложнению и удорожанию электропривода.

§ 3. КОНТРОЛЬ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Срок службы электрической машины обуславливается температурой нагрева изоляции обмотки, поэтому ее нагрузку (мощность машины) устанавливают, исходя из условий нагрева.

Увеличение нагрузки машины сверх номинальной приводит к перегреву изоляции и быстрому выходу ее из строя. Недогрузка машины, хотя и не оказывает отрицательного влияния на изоляцию обмотки, но ведет к недоиспользованию машины, ухудшению к. п. д. и $\cos \phi$. Так, при 50% нагрузки крупных электродвигателей $\cos \phi$ уменьшается на 15%, а у мелких двигателей — до 30%. Следовательно, в процессе эксплуатации необходимо контролировать нагрузку электрических машин.

Для контроля нагрузки синхронных генераторов в цепь статора устанавливают амперметры по одному на каждую фазу, а для контроля напряжения генератора—

вольтметр с переключателем. В цепь возбуждения подключают амперметр или вольтметр для контроля за возбуждением генератора. У генераторов мощностью 100 кВ·А и выше на щите устанавливают частотомер.

Для защиты от длительной перегрузки и токов короткого замыкания генераторов мощностью до 150 кВ·А используют предохранители, а мощностью свыше 150 кВ·А — автоматические выключатели. Все генераторы мощностью 150 кВ·А и выше должны иметь устройства для автоматического регулирования возбуждения и его форсировки.

С целью контроля нагрузки асинхронного двигателя мощностью свыше 30 кВт в одну из его фаз устанавливают амперметр. На шкале амперметра красной чертой отмечают значение тока двигателя на 5% выше номинального. Предел измерения амперметра выбирают примерно по удвоенному рабочему току двигателя. На период пуска амперметр шунтируют.

У электродвигателей малой и средней мощности (до 30 кВт) амперметр устанавливают в том случае, если регулируется нагрузка рабочей машины. В процессе эксплуатации нагрузку двигателей можно также контролировать при помощи токоизмерительных клещей марки Ц-91.

От токов короткого замыкания асинхронные двигатели защищают при помощи предохранителей и автоматических выключателей с электромагнитным расцепителем, а от перегрузок — тепловыми реле, встроенными в магнитные пускатели, или автоматическими выключателями с тепловыми расцепителями.

Температура нагрева электрических машин зависит от нагрузки и режима работы машины. С увеличением нагрузки температура возрастает, что ускоряет старение электроизоляционных материалов. Поэтому вопрос о контроле температуры машины в период эксплуатации является весьма важным.

При достаточном опыте температуру отдельных частей машины можно определить на ощупь. При этом, если ладонь выдерживает температуру нагрева, то можно считать, что машина не перегревается.

Температуру частей машины можно также измерять спиртовым термометром. Для лучшей передачи тепла между машиной и термометром шарик его следует обернуть алюминиевой фольгой. Во избежание потерь тепла

термометры в месте приложения покрывают войлоком или ватой.

При применении ртутных термометров необходимо принимать во внимание влияние переменных магнитных полей, которые могут вызвать увеличение показания термометра. Поэтому в местах, где действуют сильные магнитные поля, температуру частей машины следует измерять спиртовыми термометрами. При измерении температуры электрической машины термометрами необходимо учитывать перепад температуры между станиной и обмоткой, а также между лобовой и пазовой частями обмотки. Поскольку температуру коллектора и контактных колец измеряют после остановки машины в период начала ее охлаждения, точность результатов измерений зависит от выбора рода термометра. Здесь лучше использовать термометры с малой тепловой инерцией.

При определении температуры подшипников скольжения термометр можно помещать непосредственно в масляный резервуар подшипника.

Температуру обмотки машины можно определить по изменению ее омического сопротивления в период нагрева. Сопротивление обмотки можно измерить методом вольтметра-амперметра или моста постоянного тока. В последнем случае температуры обмотки определяют из выражения

$$t_{об} = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + t_1,$$

где $t_{об}$ — температура обмотки машины;
 t_1 — температура обмотки в холодном состоянии;

Т а б л и ц а 11

Части электрических машин	Допустимые превышения температуры, °C
Обмотки статора	65
Обмотки фазного ротора	65
Обмотки якоря и возбуждения	65
Контактные кольца	70
Коллекторы	65
Подшипники скольжения	40
Подшипники качения	55

R_1 — сопротивление обмотки при температуре t_1 ;

R_2 — сопротивление обмотки в период нагревания.

Предельно допустимые превышения температур отдельных частей электрических машин с изоляцией класса нагревостойкости А при температуре окружающей среды $+40^\circ\text{C}$ приведены в таблице 11.

§ 4. СПОСОБЫ СУШКИ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Общие положения. В процессе эксплуатации, транспортировки и хранения изоляционные конструкции электрических машин подвергаются воздействию окружающей среды. При этом они увлажняются. Попадание влаги в обмотку приводит к ухудшению диэлектрических характеристик изоляции и преждевременному выходу электрической машины из строя.

Степень увлажнения обмоток электрических машин напряжением до 500 В следует контролировать по изменению сопротивления изоляции ($R_{из}$). Сопротивление изоляции измеряют мегомметром напряжением 500—1000 В между фазами и между фазами и корпусом. Согласно ГОСТ 183—66, сопротивление изоляции (МОм) обмоток при температуре $+75^\circ$ должно быть не ниже

$$R_{из} = \frac{U_n}{1000 + 0,01 P_n},$$

где U_n — номинальное напряжение машины, В;

P_n — номинальная мощность машины, кВт, кВ·А.

Практически сопротивление изоляции обмоток электрических машин напряжением до 500 В должно быть не ниже 0,5 МОм. Если перед пуском сопротивление изоляции обмоток окажется ниже нормированного, то машину следует подсушить. Существует несколько способов сушки: конвективная (в сушильных шкафах), токовая, потерями в стали статора и др.

В процессе сушки обмоток любым способом необходимо контролировать температуру сушки и сопротивление изоляции. При этом температура должна быть не выше предельно допустимой для данного класса нагревостойкости изоляции.

В первый период сушки сопротивление изоляции обмоток несколько снижается, если изоляция была

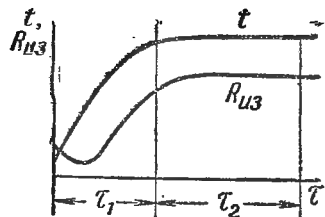


Рис. 30. Изменение температуры и сопротивления изоляции обмоток электрических машин при сушке.

увлажнена. Затем, когда начинается удаление влаги из изоляции, оно возрастает и при достижении равновесной влажности стабилизируется. Изменение температуры и сопротивления изоляции увлажненной обмотки при сушке показано на рисунке 30. Сушка считается оконченной, если значение сопротивления изоляции остается неизменным в течение 1—2 ч.

Если обмотка электрической машины сильно увлажнена и сопротивление изоляции после сушки остается ниже нормы, следует провести циклическую сушку. В этом случае процесс сушки складывается из периодических нагреваний и охлаждений обмотки. При охлаждении обмотки влага переходит от более нагретых внутренних участков к поверхности и процесс сушки ускоряется.

Конвективный способ сушки осуществляется в специальных сушильных шкафах. В качестве источников тепла могут служить пар, электроэнергия или газ. Во всех случаях теплоносителем является нагретый воздух. При этом способе сушки тепло передается от статора к обмотке, поэтому наружные ее слои высыхают быстрее, чем внутренние. Для более равномерного удаления влаги из изоляции следует температуру в сушильном шкафу поднимать постепенно.

Токовый способ сушки заключается в пропускании по обмоткам электрического тока пониженного напряжения (15—20%) U_n . При этом тепло генерируется непосредственно в проводниках обмотки и влага первоначально удаляется из центра изоляционной конструкции. Сушке может быть подвергнута собранная машина или один статор. Источник питания может быть как постоянного, так и переменного тока. В случае сушки переменным током тепло дополнительно выделяется в стали статора за счет потоков рассеивания.

Токовая сушка может проводиться однофазным или трехфазным током. Схема соединения обмоток статора асинхронного двигателя при сушке приведена на рисун-

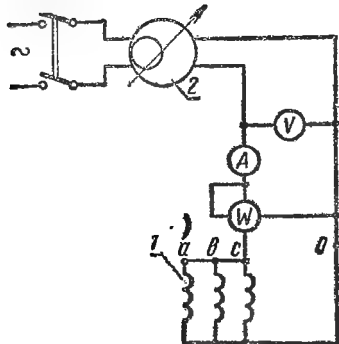


Рис. 31. Схема токовой сушки изоляции обмоток электрических машин:

1 — обмотка; 2 — потенциал-регулятор.

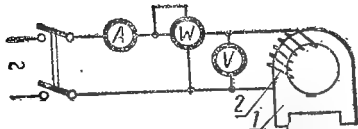


Рис. 32. Схема сушки изоляции обмоток электрических машин потерями в стали:

1 — статор машины; 2 — намагничивающая обмотка.

ке 31. Практически в качестве источника питания для сушки может быть использован сварочный трансформатор.

Токовый метод значительно сокращает продолжительность сушки по сравнению с конвективным.

Сушка способом индукционных потерь. При этом способе нагревание машины осуществляется индукционными токами, возникающими при пропускании переменного тока по специальной намагничивающей обмотке, намотанной на статор. Намагничивающую обмотку выполняют изолированным проводом. Для регулирования температуры нагрева узла намагничивающую обмотку секционируют. Схема сушки статора приведена на рисунке 32. Число витков намагничивающей обмотки определяют по формуле

$$\omega = \frac{U}{4,44fBS_c}.$$

Здесь U — напряжение источника питания, В;
 f — частота, Гц;
 B — магнитная индукция в спинке статора, Т;
 S_c — поперечное сечение спинки статора, м²,

$$S_c = k_c (l_1 - n_k b_k) h_c,$$

где k_c — 0,93 ÷ 0,95 — коэффициент заполнения пакета сталью;

l_1 — полная длина сердечника, м;

n_k и b_k — число и ширина вентиляционных каналов;

h_c — высота спинки статора, м.

Индукция B , Т	Напряженность H электротехнических сталей (А/м) марок	
	Э11 — Э13	Э41 — Э43
0,5	225	280
0,6	287	331
0,7	319	382
0,8	334	445
1,0	382	554

Ток в намагничивающей обмотке определяют по формуле

$$I_{\mu} = \frac{\pi H D_0}{\omega}.$$

Здесь H — напряженность стали при максимальной магнитной индукции, А/м (табл. 12);

D_0 — средний диаметр, соответствующий середине спинки статора, м,

$$D_0 = D_{\text{вн}} - h,$$

где $D_{\text{вн}}$ — внешний диаметр активной стали, м.

Таблица 13

Индукция B , Т	Значение удельных потерь в стали p , Вт/кг
0,5	0,55
0,6	0,79
0,7	1,1
0,8	1,4
1,0	2,2

Мощность сушки (Вт)

$$P = pG,$$

где p — удельные потери в стали статора на 1 кг стали, Вт/кг (табл. 13);

G — масса активной стали статора без зубцового слоя, кг,

$$G = 24,5 D_0 S_c.$$

В первый момент сушки для ускорения разогрева статора нужно увеличивать индукцию до 0,7—0,9 Т, а за-

тем при достижении необходимой температуры переключением на большее число витков уменьшить до 0,4—0,5 Т.

Последними двумя способами можно просушить обмотку электрической машины на месте ее установки без разборки.

§ 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ТОКОСОБИРАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ И ПОДШИПНИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

К токособирательным устройствам электрических машин относятся коллекторы и щеточный аппарат машин постоянного тока, а также контактные кольца и токосъемное устройство синхронных машин и асинхронных электродвигателей с фазным ротором.

Уход за коллектором машины постоянного тока в процессе эксплуатации заключается прежде всего в подержании его в чистоте.

Наиболее вредное воздействие на коллектор, вызывающее искрение, оказывает металлическая и угольная пыль. Поэтому в период работы его необходимо периодически очищать сухой или смо-

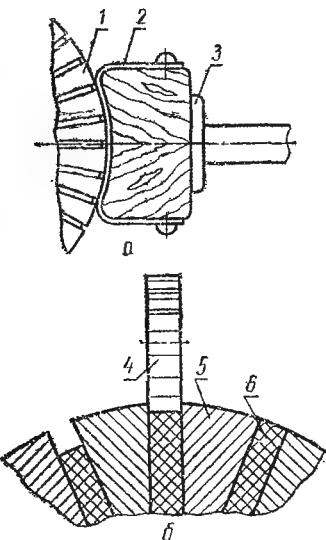


Рис. 33. Продоразивание и шлифование коллектора:

а — шлифование; б — продоразивание; 1 — коллектор; 2 — стеклянная бумага; 3 — державка; 4 — фреза; 5 — пластины; 6 — миканит.

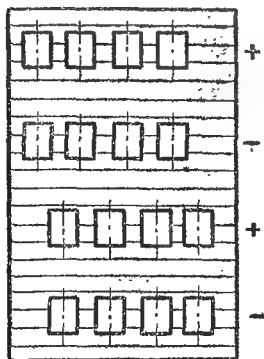


Рис. 34. Схема расстановки щеток на коллекторе.

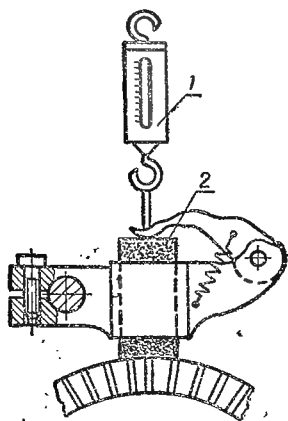


Рис. 35. Измерение давления щетки на коллектор:

1 — динамометр; 2 — щетка.

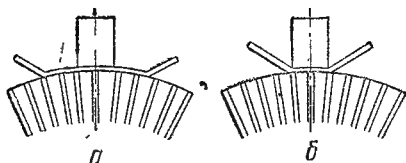


Рис. 36. Схема притирки щеток к коллектору:

a — правильно; *b* — неправильно.

ченной в керосине тряпкой. Если поверхность коллектора имеет царапины и нагар, ее необходимо очистить и прошлифовать.

Кроме того, коллектор должен быть строго симметричным. Допустимый бой и эксцентриситет коллектора составляет 0,03 мм.

Чистить и шлифовать коллектор машины можно во время ее вращения, пользуясь мелкозернистой стеклянной бумагой (рис. 33, *a*).

В процессе эксплуатации медь коллектора изнашивается быстрее, чем миканит, из-за неровностей коллектора возникает биение щеток. Поэтому коллекторы периодически продораживают (рис. 33, *b*) на глубину между пластинами до 1—2 мм. Так как износ коллектора под положительными и отрицательными щетками неодинаков, то для того чтобы добиться равномерного его износа, применяют специальную схему расстановки щеток (рис. 34).

Уход за контактными кольцами заключается в поддержании их в чистоте, так как загрязнение вызывает искрение щеток. При появлении нагара и царапин кольца шлифуют тем же способом, что и коллекторы машин постоянного тока. Если на поверхности контактных колец есть раковины, канавки или выбоины, то такие кольца протачивают на станке до удаления дефекта и шлифуют стеклянной бумагой.

У двигателей с фазным ротором кольца и токосъемное устройство периодически продувают сжатым воздухом. Допустимая толщина контактных колец должна быть не менее 5—6 мм.

При эксплуатации необходимо, чтобы к коллектору или кольцу прилегало не менее $\frac{2}{3}$ поверхности щеток, свободно перемещающихся в обоймах. Зазор между щетками и обоймой должен составлять 0,15—0,3 мм, а между обоймой и контактными кольцами или коллектором—2—4 мм. Поверхность щеток должна быть зеркальной. Если пружины давят на щетки с неодинаковым усилием, то ток между щетками распределяется неравномерно, они нагреваются и быстрее изнашиваются. Давление щеток обычно проверяют динамометром (рис. 35). При этом под щетку подкладывают полоску бумаги, придерживая ее руками, и динамометром приподнимают пружину держателя до тех пор, пока бумага не освободится. Показания динамометра при этом делят на площадь рабочей поверхности щетки. Полученное таким образом давление сравнивают с допустимым для каждого типа щеток.

Медные щетки в процессе эксплуатации периодически вынимают из щеткодержателей и промывают бензином для удаления пыли и грязи.

Если контактная поверхность щетки повреждена или площадь контакта недостаточна, щетку шлифуют (притирают). Для этого под нее подкладывают стеклянную бумагу рабочей стороной к контактной поверхности. Наждачной бумагой пользоваться не рекомендуется, так как абразивные частицы могут вызвать царапины на коллекторе или кольцах.

Если якорь или ротор вращаются свободно, то при притирке их вращают вместе с бумагой. Если не удастся повернуть якорь или ротор, то бумагу несколько раз протягивают в направлении вращения (рис. 36). Щетки во время притирки должны прижиматься только пружинами, дополнительный нажим не рекомендуется.

После шлифовки коллектор или контактные кольца очищают и продувают сжатым воздухом.

Смена щеток необходима при их износе или выкрашивании. Новые щетки шлифуют к коллектору или кольцам способом, указанным выше. Расстояния между одноименными (правыми или левыми) краями щеток машин постоянного тока должны строго равняться полюсному делению.

Для проверки правильности установки щеток бумажной лентой измеряют длину окружности коллектора. Делят полученную длину окружности на число полюсов и

снова обтягивают коллектор бумажной лентой, совмещающей линии деления с краями щеток. Регулировку обойм щеткодержателей по окружности коллектора осуществляют изменением толщины прокладок между обоймой щеткодержателя и траверсой, а по оси коллектора перемещением обоймы по щеткодержателю. Радиальные обоймы устанавливают строго по радиусам коллектора, а наклонные (реактивные) — навстречу направлению вращения коллектора.

Нормальная работа щеточного аппарата машины постоянного тока во многом зависит от нормальной установки щеток на нейтраль. Существует ряд способов установки щеток на геометрическую нейтраль. Наиболее простой из них — индуктивный способ, при котором, кроме того, требуется меньше всего вспомогательного оборудования.

Уход за подшипниками скольжения заключается прежде всего в поддержании надлежащего уровня масла. Если контрольная черта на маслоуказателе отсутствует, то масло наливают в подшипник до такого уровня, чтобы смазочные кольца погружались в него на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ своего диаметра. При недостатке масла кольца не достают до него и не смазывают подшипник, вследствие чего он перегревается. При эксплуатации подшипников необходимо следить за их температурой.

Избыток масла также недопустим, так как оно разбрызгивается и засасывается внутрь машины. Доливать его следует через 6—10 дней, в зависимости от продолжительности работы машины в сутки.

Через каждые 200—300 ч работы масло в подшипниках скольжения заменяют. Перед заливкой свежего масла удаляют старое, промывают подшипник керосином, продувают сухим сжатым воздухом и снова промывают свежим маслом, которое предназначено для заливки.

При выборе масла обращают внимание на его вязкость, которая выражается в сантистоксах (сСт) при температуре 50° С.

Для смазки подшипников скольжения применяют марки масла, рекомендуемые заводом-изготовителем. При появлении в теле втулки или вкладыша трещин подшипники, скольжения заменяют или ремонтируют.

Уход за подшипниками качения. При эксплуатации подшипников качения следят за тем, чтобы смазка занимала не менее $\frac{2}{3}$ объема камеры. Заменяют смазку в за-

Диаметр вала, мм	Допустимый зазор в шариковых и роликовых подшипниках качения, мм
20—30	0,1
35—50	0,15
50—80	0,2
80—120	0,3

висимости от условий работы электромашин через 3—6 месяцев. Перед сменой смазки подшипники промывают бензином и сушат.

При осмотре подшипников качения проверяют щупом зазор между шариками и обоймой. Подшипник заменяют, если зазор превышает допустимый (табл. 14).

§ 6. РАБОТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПРИ НЕНОМИНАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ

Под ненормальными режимами работы электрических машин следует понимать работу при напряжении, частоте и нагрузке, отличающихся от указанных на паспорте, а также неполнофазные режимы.

Магнитный поток асинхронного двигателя пропорционален напряжению сети и обратно пропорционален частоте. Поэтому качество напряжения питающих сетей оказывает существенное влияние на работу асинхронных двигателей. При значительных колебаниях напряжения и номинальной частоте меняются электромагнитный поток машины, частота ее вращения и потери.

При понижении напряжения уменьшаются вращающий момент машины и частота вращения, что при номинальной нагрузке приводит к возрастанию тока статора по сравнению с номинальным. При этом обмотки перегреваются и срок службы их снижается. Известно, что при работе электродвигателя при напряжении на 15% ниже номинального срок службы его изоляции снижается в 1,5 раза.

При увеличении напряжения выше номинального увеличиваются ток холостого хода двигателя и потери в стали, что приводит к снижению $\cos \phi$ и перегреву стали.

Уменьшение частоты питающей сети при номинальном напряжении приводит к увеличению тока холостого

хода двигателя, снижению частоты вращения и уменьшению коэффициента мощности. Увеличение частоты сети вызывает снижение вращающего момента.

Асимметрия линейных напряжений оказывает аналогичное влияние на асинхронные электродвигатели, как и колебания напряжения. Частным случаем асимметрии напряжения является обрыв фазы (неполнофазный режим). При обрыве фазы возрастает ток в оставшихся фазах, что вызывает их перегрузку и выход двигателя из строя.

При включении в работу асинхронного двигателя с отсутствием фазы он гудит, но не разворачивается, так как вращающий момент равен нулю. В этот период по обмоткам двигателя протекает ток, почти равный пусковому, что может привести к перегоранию обмоток.

Если фаза исчезает при работе двигателя под нагрузкой, близкой к номинальной, ток в оставшихся фазах возрастает по сравнению с номинальным, что также вызывает опасный перегрев обмоток. Перегрузка электродвигателя сверх номинальной может возникнуть вследствие затяжных пусков и перегрузки со стороны рабочей машины.

При перегрузке двигателя рабочей машиной возрастает момент сопротивления на валу двигателя, увеличиваются скольжение и ток статора, что приводит к перегреву обмотки и ускоренному старению электроизоляционных материалов.

Режим, аналогичный перегрузке, может возникнуть из-за снижения теплоотдачи отдельных узлов машины, которые покрыты пылью или грязью.

§ 7. НЕИСПРАВНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, И ИХ УСТРАНЕНИЕ

В процессе эксплуатации электрических машин возникают различные неисправности, которые могут привести к остановке механизмов и их повреждению. Среди неисправностей электрической части машин наиболее распространены обрывы, междувитковые замыкания, замыкания на корпус или между фазами.

Механические неисправности заключаются в нарушении центровки агрегатов, ослаблении посадки шкивов, полумуфт или звездочек, ослаблении крепежных де-

талей, недостаточной жесткости фундамента и т. д. Рассмотрим общие неисправности электрических машин.

Недопустимый перегрев подшипников скольжения может произойти из-за замедленного вращения колец или сгущения масла, а также из-за неправильной центровки машины и механизма.

Для устранения этой неисправности проверяют смазывающие кольца и при необходимости заменяют их. Загустевшее масло заменяют другим. При нарушении центровки проверяют осевую линию валов и регулируют точность установки машины.

Перегрев подшипников качения может возникнуть вследствие неправильной сборки подшипникового узла. В этом случае разбирают подшипниковый узел и устраняют заедание и перекосы. Проверяют правильность посадки подшипниковых щитов.

Перегрев подшипника качения может быть вызван также плохой центровкой машины и загрязнением смазки.

Вибрация машины может возникнуть вследствие недостаточной жесткости фундамента, ослабления крепежных деталей и нарушения центровки двигателя и рабочей машины. Кроме этого, вибрация может возникнуть при неуравновешенности вращающихся частей машины, что может быть устранено путем балансировки. Допустимая вибрация подшипников (может быть измерена вибрографом) в зависимости от частоты вращения машины приведена в таблице 15.

Т а б л и ц а 15

Частота вращения машины, об/мин	Допустимая вибрация подшипников электрических машин — удвоенная амплитуда колебаний, мм	Частота вращения машины, об/мин	Допустимая вибрация подшипников электрических машин — удвоенная амплитуда колебаний, мм
750	0,16	1500	0,10
1000	0,13	3000	0,05

В машинах постоянного тока наиболее часто встречаются следующие неисправности.

Пробой коллектора на корпус и замыкание между ламелями происходят из-за попадания пыли между изоляцией корпусов или ламелей и разрушения изоляции.

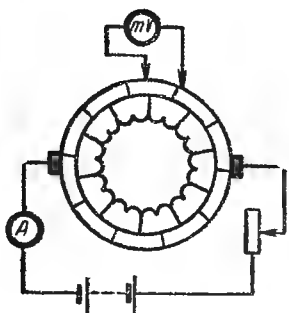


Рис. 37. Определение замыкания между ламелями методом милливольтметра.

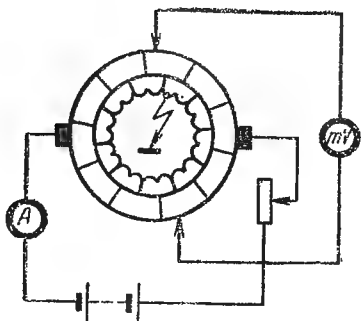


Рис. 38. Определеcние места замыкания обмоток якоря на корпус методом милливольтметра.

Замыкание коллектора на корпус можно обнаружить при помощи контрольной лампы или мегомметра, а замыкания между ламелями — методом милливольтметра (рис. 37). При замыкании между ламелями милливольтметр не дает отклонения.

Пробой обмотки якоря на корпус может возникнуть вследствие разрушения изоляции от длительного перегрева или механического повреждения. Место замыкания якоря на корпус (петлевой обмотки) можно обнаружить при помощи милливольтметра по схеме, приведенной на рисунке 38. Если секция замкнута на корпус, то как только к ней начинают приближать щуп, показание милливольтметра сначала снижается до нуля, а при дальнейшем перемещении щупа в том же направлении увеличивается, но с противоположным знаком.

Обрывы в обмотке якоря, при которых размыкается цепь между двумя или несколькими ламелями, происходят вследствие перегорания проводников из-за межвиткового замыкания или замыкания на корпус, некачественной пайки, вибрации и т. п. Эту неисправность также можно определить при помощи милливольтметра.

Межвитковое замыкание в обмотке якоря возникает из-за некачественной укладки секций в пазы, механических повреждений лобовых частей и разрушения изоляции проводников вследствие теплового старения. Обнаружить эту неисправность можно при помощи электромагнита и стальной пластинки (ис. 39). Если есть

замкнутые витки, пластинка притягивается к тем пазам, где лежит поврежденная секция.

Усиление искрения щеток может произойти из-за загрязнения, бие-ния или неравномерного износа коллектора, разрушения или некачественной притирки щеток, ослабления или зажатия щеток в обоймах. Местные нагревы обмотки якоря указывают на межвитковые замыкания.

Искрение щеток только под нагрузкой (на холостом ходу машины не искрит) указывает на неправильное чередование главных и дополнительных полюсов или шунтирование обмоток дополнительных полюсов.

Повышенное искрение щеток возникает также при их сдвиге с нейтрали.

Повышенный нагрев машины может возникнуть из-за межвиткового замыкания в обмотке якоря или возбуждения, замыкания между ламелями, неодинаковости зазора между якорями и отдельными полюсами и т. д.

Перегрев коллектора и щеток может произойти из-за боя коллектора, выступания изоляции между ламелями. Кроме этого, могут быть установлены слишком твердые щетки или давление на щетки может быть слишком большим.

К основным неисправностям обмотки возбуждения относится ослабление крепления катушек к полюсам, обрыв вследствие некачественной пайки соединений, межвитковое замыкание и замыкание на корпус.

Обрыв и замыкание на корпус легко обнаружить при помощи контрольной лампы или мегомметра. Замкнутую на корпус катушку можно обнаружить, измеряя падение напряжения между каждой катушкой и корпусом. У поврежденной катушки его значение будет наименьшим.

Витковое замыкание можно обнаружить по местному нагреву катушек при пропускании по ним переменного тока или сравнив их омические сопротивления.

При эксплуатации асинхронных двигателей чаще всего встречаются следующие неисправности.

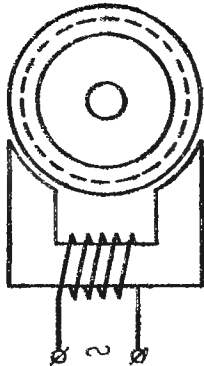


Рис. 39. Определение витковых замыканий в обмотках якорей при помощи электромагнита.

Электродвигатель с короткозамкнутым ротором не пускается в ход. При возникновении этой неисправности прежде всего индикатором или контрольной лампой проверяют напряжения в сети и на клеммах двигателя, а также состояние рабочей машины (не заторможена ли).

Перегрев двигателя в период работы машины может происходить вследствие перегрузки, пониженного напряжения сети и возникновения межвиткового замыкания в обмотке статора. При появлении признаков перегрузки измеряют напряжение сети и токи по фазам, они должны соответствовать норме.

Межвитковое замыкание можно обнаружить первоначально по местным нагревам корпуса двигателя и асимметрии фазных токов, в дальнейшем может появиться дым.

Двигатель с короткозамкнутым ротором при пуске плохо разворачивается, пуск сопровождается гудением двигателя, при этом токи по фазам двигателя неодинаковы. Для устранения этой неисправности проверяют маркировку выводных концов.

Двигатель с фазным ротором не пускается в ход при наличии напряжения на статоре и одинаковых токах по фазам, а также одинаковых напряжениях на кольцах ротора. Причина этой неисправности — обрыв в пусковом реостате или соединительных проводах.

Двигатель с фазным ротором не разворачивается до номинальной частоты вращения или теряет скорость при перегрузке, гудит. Причина такой неисправности — обрыв в цепи ротора. Он может быть в обмотке ротора, щеточном аппарате, пусковом реостате или обмоточных проводах.

§ 8. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Системой планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве (ППРЗсх), предусматриваются следующие виды работ:

а) производственное техническое обслуживание осуществляет персонал, обслуживающий рабочие машины. Оно заключается в ежедневном осмотре электрооборудования, очистке его от пыли и грязи и устранении мелких неисправностей;

б) технические осмотры (уходы) проводят для определения состояния электрооборудования и выявления объема подготовительных работ, подлежащих выполнению при очередном ремонте. В период технических осмотров чистят оборудование и устраняют мелкие неисправности без разборки. Осмотры проводят электрики, имеющие квалификационную группу не ниже III, в период естественных остановок рабочих машин (в обеденный перерыв, пересмену, в период пауз работы привода и т. п.);

Т а б л и ц а 16

Оборудование	Продолжительность периодов		Периодичность замены смазки в подшипниках, мес.
	между техническими уходами, дней	между текущими ремонтами, мес.	
Электродвигатели переменного тока в чистых и сухих помещениях	45	12	6
То же, в пыльных помещениях (пункты или цехи приготовления концентрированных кормов, переработки грубых кормов и др.)	30	6	4
То же, во влажных и сырых помещениях (водокачки, кормокухни) и на открытом воздухе под навесом	15	6	4
То же, в сырых и особо сырых помещениях с выделением аммиака (животноводческие помещения)	10	6	4
Генераторы переменного тока передвижных электростанций, работающие в помещениях	15	12	6
То же, работающие на открытом воздухе под навесом	7	6	4

П р и м е ч а н и е. Для определения продолжительности работ электрических машин при одной смене приведенные данные умножают на коэффициент 1,4, а при трех сменах — на 0,6.

в) текущий ремонт проводят с разборкой оборудования. При этом выполняют все операции технического ухода (осмотра), а также заменяют или восстанавливают детали или узлы, срок службы которых равен межремонтному периоду. Текущий ремонт выполняют электрики, имеющие квалификационную группу не ниже III, в специальной мастерской. При затруднении транспортировки оборудования текущий ремонт можно проводить на месте установки.

Технические осмотры (уходы) и текущие ремонты проводят по заранее составленному плану. Смазку заменяют по специальному графику, который должен быть увязан с планом проведения технических осмотров и текущих ремонтов.

В конце года или сезона эксплуатации электрооборудования для уточнения его состояния проводят сезонное обслуживание.

Продолжительность межосмотровых и межремонтных периодов, согласно системе ППРЭсх, приведена в таблице 16.

Технический уход за асинхронными электродвигателями предусматривает следующие операции: 1) очистку от пыли и грязи, осмотр двигателя, проверку станины и подшипниковых щитов на отсутствие трещин;

2) проверку затяжки крепежных деталей, крепления к фундаменту или рабочей машине, плотности посадки шкива, полумуфты или звездочки;

3) проверку и ремонт заземления;

4) осмотр и ремонт выводов;

5) проверку состояния щеток, контактных колец, пускового реостата и соединительных проводов (в двигателе с фазным ротором);

6) проверку смазки в подшипниках. При необходимости ее пополняют до $\frac{2}{3}$ объема камеры;

7) проверку подшипников на отсутствие заедания и задевание ротора о статор;

8) включение двигателя и проверку степени нагрева корпуса и подшипниковых щитов при отсутствии посторонних шумов.

В объем текущего ремонта асинхронных двигателей входят следующие операции:

1) очистка электродвигателя от пыли и грязи, отсоединение питающих проводов и заземляющих шин, а у

двигателей с фазным ротором — проводов пускового ре-
остата;

2) отъединение двигателя от рабочей машины и до-
ставка его в ремонтную мастерскую;

3) разборка электродвигателя и его очистка от пы-
ли и грязи;

4) осмотр поверхности стали статора и ротора и за-
чистка мест, покрытых коррозией;

5) проверка целостности и ремонт изоляции лобовых
частей обмоток;

6) измерение сопротивления изоляции обмоток меж-
ду фазами и между фазами и корпусом при помощи ме-
гомметра напряжением 500—1000 В. Сопротивление
изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. При меньших
значениях сопротивления изоляции обмотку подвергают
сушке;

7) проверка обмотки на отсутствие межвиткового
замыкания при помощи электромагнита и стальной пла-
стинки либо портативного дефектоскопа марки ПДО,
либо приборов типа ЕЛ-1 и ЕЛ-2;

8) проверка состояния и ремонт выводных концов
электродвигателя;

9) проверка состояния короткозамыкающих колец и
вентиляционных лопаток короткозамкнутого ротора.
Для фазного ротора см. операции, указанные в § 7;

10) очистка подшипников качения от старой смазки
и промывка бензином. При необходимости смазку за-
меняют (см. § 5);

11) проверка зазора между статором и ротором
(табл. 17);

12) сборка электродвигателя и проверка свободного
вращения ротора в обе стороны, окраска корпуса;

Т а б л и ц а 17

Мощность двигателя, кВт	Допустимые значения воздушного зазора (мм) асинхронных двигателей при частоте вращения, об/мин	
	500—1500	300
До 1	0,25	0,3
1,1—2,0	0,3	0,35
2,1—7,5	0,35	0,5
7,6—15,0	0,4	0,65
15,1—40,0	0,5	0,8

13) запуск электродвигателя на холостом ходу для проверки отсутствия посторонних шумов; измерение тока и потерь холостого хода, их значения должны соответствовать номинальным;

14) установка электродвигателя на рабочее место, запуск совместно с рабочей машиной для проверки правильности его вращения и отсутствия вибраций.

В объем технического ухода за синхронными генераторами входят следующие операции:

- 1) очистка генератора от пыли и грязи;
- 2) проверка надежности крепления к фундаменту, правильности центровки, плотности посадки полумуфты;
- 3) проверка надежности заземления генератора;
- 4) осмотр коробки выводов; при необходимости зачищают подгоревшие и подтягивают ослабевшие контакты выводов;
- 5) проверка смазки в подшипниках;
- 6) проверка состояния коллектора, контактных колец, щеточного аппарата;
- 7) запуск генератора, проверка степени нагрева корпуса генератора, возбuditеля, подшипников, пуско-регулирующей аппаратуры.

В объем текущего ремонта синхронных генераторов входят:

- 1) очистка генератора от пыли и грязи, отъединение от щита и первичного двигателя, доставка генератора в ремонтную мастерскую;
- 2) разборка генератора и очистка его узлов от пыли и грязи;
- 3) осмотр активной стали генератора и ее ремонт;
- 4) осмотр состояния и ремонт изоляции лобовых частей обмоток;
- 5) измерение сопротивления изоляции обмоток. Если значение сопротивления изоляции составляет менее 0,25 МОм, обмотки подсушивают;
- 6) проверка состояния изоляции выводных концов и их ремонт;
- 7) осмотр состояния токособирательного устройства. В случае неисправности отдельных узлов и деталей проводят работы, указанные в § 5, 7;
- 8) проверка исправности подшипников. Неисправные подшипники заменяют новыми;
- 9) сборка генератора; проверка свободного вращения ротора в обе стороны; окраска корпуса;

10) установка генератора на рабочее место и опробование под нагрузкой.

§ 9. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ И СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ РЕЗЕРВНЫХ И ПЕРЕДВИЖНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Погружные электрические насосы представляют собой агрегаты, состоящие из электрического двигателя, насоса и ряда вспомогательных узлов, и предназначены для откачки чистой воды из артезианских скважин (рис. 40). Электродвигатель погружного насоса — трехфазный, асинхронный с короткозамкнутым ротором специального исполнения. Электронасос комплектуется станцией управления, которая предназначена для ручного и автоматического управления его работой, а также для защиты электродвигателя от аварийных режимов.

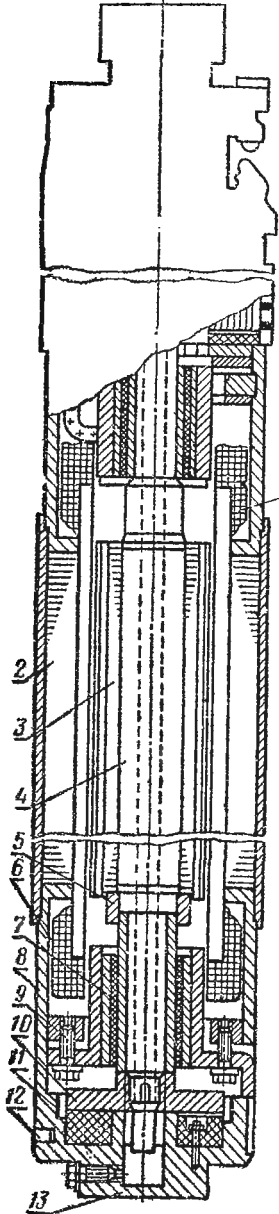
Перед монтажом агрегата на скважине проверяют, насколько свободно вращается вал насоса. Если ротор не вращается, отъединяют насос от электродвигателя и проводят соответствующую регулировку. В начале проверяют осевой люфт вала. При неправильной осевой регулировке электродвигатель может выйти из строя. Перед включением электронасоса проверяют электрическую и механическую схемы установки. Колебания напряжения сети не должны превышать $\pm 10\div-5\%$.

Первое включение электродвигателя можно осуществлять только через 2 ч после погружения агрегата в воду, когда полость негерметизированного электродвигателя заполнится водой. При герметизации двигателя, а это целесообразно и применяется в последнее время, его полость заранее заполняют чистой дистиллированной или ингибированной водой.

В процессе эксплуатации систематически контролируют исправность приборов и станции управления. Потребляемый электродвигателем ток не должен превышать допустимый.

Осмотр станции управления проводят не реже одного раза в месяц. При этом проверяют затяжку крепежных болтов, а также состояние контактов пускателя и реле. Подгоревшие и окислившиеся контакты зачищают.

С целью предупреждения выхода агрегата из строя периодически проводят его демонтаж, профилактиче-



ский осмотр и замену изношенных деталей. Периодичность проведения профилактических осмотров устанавливает завод-изготовитель.

Кроме этого, насос останавливают, демонтируют и осматривают, если потребляемый ток двигателя превышает допустимый, а также когда прекратилась или снизилась более чем на 25% подача воды.

Станционные электроагрегаты и передвижные электростанции эксплуатируют в соответствии с заводскими или ведомственными инструкциями.

К основным мероприятиям, способствующим повышению их срока службы и предупреждению преждевременного выхода из строя, относятся строгое выполнение правил эксплуатации, поддержание определенного режима охлаждения и смазки, соблюдение рекомендованных режимов работы. Отклонение тока по фазам допускается не более чем на 25%.

Необходимо обеспечивать технически правильное хранение машин с проведением мероприятий по снижению воздействия окружающей среды.

Техническое обслуживание распределительных устройств, электроагрегатов и электростан-

Рис. 40. Погружной электронасос:

1 — обмотка; 2 — статор; 3 — ротор; 4 — вал электродвигателя; 5 — специальная гайка; 6 — корпус подшипника; 7 — втулка; 8 — кольцо; 9 — болт; 10 — пята; 11 — уплотнение; 12 — подпятник; 13 — корпус подпятника.

дий включает в себя периодические осмотры, при которых установки очищают от пыли и грязи, подтягивают крепежные детали, проверяют состояние изоляции, контактов, контрольно-измерительной и коммутационной аппаратуры и заземления.

§ 10. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

К эксплуатации и ремонту электрических машин допускаются электромонтеры, имеющие квалификационную группу не ниже III и прошедшие инструктаж на рабочем месте. Ответственность за безопасность при обслуживании и ремонте несет руководитель электротехнической службы хозяйства.

Электромонтеры должны иметь основные защитные средства для установок напряжением до 1000 В: диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, закоротки (или переносное заземление) и указатели напряжения. Дополнительные средства: диэлектрические галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки и плакаты.

Перед применением защитных средств следует внешним осмотром убедиться в их исправности, обращая внимание на дату их проверки.

При проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при эксплуатации электрических машин.

Распоряжение на проведение работ (устное или оформленное нарядом) дает руководитель электротехнической службы хозяйства или лицо, его заменяющее, с квалификацией не ниже IV группы.

При техническом обслуживании электроустановки должны быть отключены от питающей сети. Между ножами и губками отключающего рубильника необходимо положить лист изоляционного материала, а на рукоятку привода рубильника или автоматического выключателя повесить плакат: «Не включай, работают люди». Перед началом работ необходимо принять меры, предупреждающие возможность вращения электродвигателя от рабочей машины.

Рабочие электрифицированных механизмов должны быть проинструктированы по правилам эксплуатации и техники безопасности при работе на установках.

Контрольные вопросы

1. Перечислите операции подготовки к пуску синхронного генератора.
2. Перечислите операции подготовки к пуску асинхронного двигателя.
3. Какими методами определяют маркировку выводных концов трехфазных электрических машин?
4. Какие способы контроля аппаратуры нагрева электрических машин вы знаете?
5. Какие перегрузки допускают электрические машины?
6. Какие существуют виды, сроки и объемы технического обслуживания асинхронных двигателей, синхронных генераторов, генераторов резервных и передвижных станций, погружных электронасосов?
7. В чем заключается уход за коллектором, контактными кольцами и щетками?
8. Каковы причины перегрева электрических машин в условиях эксплуатации?
9. Каковы причины увлажнения электрических машин в условиях эксплуатации?
10. Какие способы контроля степени увлажнения изоляции электрических машин вы знаете?
11. Перечислите способы сушки изоляции обмоток электрических машин?
12. Какие основные правила техники безопасности необходимо соблюдать при эксплуатации электрических машин?

Лабораторная работа 7

Проверка асинхронных электродвигателей перед вводом в эксплуатацию

Цель работы. Изучить методику проверки асинхронных двигателей перед пуском в эксплуатацию.

План работы. 1. Осмотреть асинхронный электродвигатель.

2. Проверить целостность обмотки.
3. Измерить сопротивление изоляции обмоток.
4. Замаркировать выводные концы индукционным способом.
5. Подключить двигатель к сети.
6. Проверить состояние заземления и пуско-защитной аппаратуры.
7. Запустить двигатель на холостом ходу. Убедиться в отсутствии посторонних шумов и повышенного нагрева отдельных узлов.
8. Измерить ток и потери холостого хода и сравнить их с допустимыми.

Пояснения к работе. Работа выполняется в соответствии с рекомендациями, приведенными в § 2 настоящей главы.

Лабораторная работа 8

Установка щеток машин постоянного тока на геометрическую нейтраль

Цель работы. Ознакомиться с основными методами установки щеток на геометрическую нейтраль.

План работы. 1. Осмотреть коллектор и щеточный аппарат машины. Устранить неисправности.

2. Проверить давление щеток на коллектор при помощи динамометра.

3. Установить щетки на геометрическую нейтраль индукционным способом.

Пояснения к работе. Работа выполняется в соответствии с § 6 настоящей главы.

Для установки щеток на геометрическую нейтраль индукционным способом на обмотку возбуждения от постороннего источника подают постоянный ток. К зажимам якоря подключают милливольтметр или гальванометр. Щетки устанавливают против середины главных полюсов и закрепляют траверсу. Включая и выключая рубильник, которым подается напряжение, отмечают направление и степень отклонения стрелки прибора. Затем слегка передвигают траверсу в любую сторону и снова определяют направление и степень отклонения стрелки прибора. Если направление отклонения стрелки сохранилось, а отклонение уменьшилось, следует продолжать передвигать траверсу в том же направлении до полного прекращения отклонения стрелки прибора.

Если щетки находятся точно на геометрической нейтрали, то при включении и выключении тока в обмотке возбуждения стрелка прибора не отклоняется. Это объясняется тем, что трансформируемые э. д. с. в обеих частях параллельных ветвей обмотки якоря уравновешиваются.

§ 1. ВИДЫ РЕМОНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И СРОКИ ИХ ПРОВЕДЕНИЯ

Согласно системе ППРЭСх, в сельском хозяйстве предусматриваются два вида ремонта электрических машин: текущий и капитальный. Текущий ремонт асинхронных двигателей, генераторов, передвижных электростанций проводят один раз в 6 месяцев при работе в тяжелых условиях и один раз в 12 месяцев при работе в чистых сухих помещениях. Низковольтные многоамперные генераторы постоянного тока, работающие в помещениях, рекомендуется подвергать текущему ремонту один раз в 4 месяца.

Капитальный ремонт асинхронных электродвигателей проводят один раз в 4 года при работе в сырых помещениях с содержанием аммиака, один раз в 5 лет — при работе в пыльных сырых помещениях и под навесом и один раз в 6 лет — в сухих помещениях. Капитальный ремонт генераторов передвижных электростанций проводят один раз в 4 года при их работе под навесом и один раз в 5 лет — при работе в помещении.

§ 2. ОБЪЕМ ТЕКУЩЕГО И КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТОВ

Текущий ремонт электрических машин чаще всего проводят в электроремонтных мастерских хозяйства, его выполняют электромонтеры электротехнической службы хозяйства. Капитальный ремонт проводят на специализированных электроремонтных предприятиях системы «Союзсельхозтехника».

Для проведения текущего ремонта электродвигатель очищают от пыли и грязи, отъединяют от питающих проводов, рабочей машины, заземляющей шины и пускового реостата (для двигателей с фазовым ротором), демонтируют с фундамента и доставляют в мастерскую.

В мастерской проводят дефектацию электродвигателя, разбирают его, очищают отдельные узлы и обмотки, ремонтируют, пропитывают и сушат обмотки (при необходимости), ремонтируют контактные кольца, щеточный механизм, проверяют подшипники и заменяют их (при необходимости), ремонтируют или заменяют крепежные детали, затем собирают электродвигатель и испытывают.

После окраски электродвигатель доставляют на рабочее место, монтируют и проверяют его работу под нагрузкой совместно с рабочей машиной.

В генераторах переменного тока с возбудителями и в многоамперных низковольтных машинах постоянного тока, кроме перечисленных операций, протачивают и шлифуют коллектор, проверяют состояние полюсов и их обмоток и при необходимости ремонтируют, проверяют вентилятор машины.

В объем капитального ремонта входят все операции текущего ремонта и дополнительно ремонт, а чаще всего полная замена обмоток статоров, якорей (машин постоянного тока) и фазовых роторов, а также проверка и при необходимости замена вала ротора.

§ 3. ПРИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН В РЕМОНТ

Электрические машины принимают в ремонт только в собранном виде, непосредственно от заказчика. Заказчик (представитель хозяйства, эксплуатирующего машины) знакомит ремонтное предприятие с особенностями эксплуатации машины и высказывает свои требования к ремонту (возможное изменение паспортных данных и т. п.). Если ремонт нецелесообразен (машина устарела морально или значительно повреждена активная сталь статора или ротора, нет лап и т. д.), ремонтное предприятие имеет право составить двухсторонний акт о неремонтопригодности машины и ее списании.

В целях сокращения простоя электрооборудования на ремонтных предприятиях «Сельхозтехники» организован обмен ремонтируемых машин. Заказчик, сдавший

машину в ремонт, в это же время получает с завода аналогичную машину (с теми же самыми паспортными данными или по договоренности с желаемыми для заказчика).

Особое внимание необходимо уделять транспортировке электрических машин. Для транспортировки крупных машин нужны деревянные салазки, для мелких машин — деревянные ящики. Ремонтное предприятие должно иметь необходимое количество специальных контейнеров. В каждый контейнер следует помещать электродвигатели только одного типа. Такая система позволяет ремонтному предприятию формировать точность ремонта в зависимости от объема и номенклатуры электрических машин в ремонтном фонде (количество контейнеров с одинаковыми машинами).

§ 4. РАЗБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ВЫЯВЛЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Технология ремонта электрооборудования должна быть составлена так, чтобы ремонт проводился быстро, высококачественно и стоил по возможности дешево. В качестве примера рассмотрим технологию ремонта асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Перед ремонтом проводят дефектацию собранного электродвигателя. Затем его разбирают в следующем порядке. Гайковертами отвинчивают болты переднего и заднего подшипниковых щитов и болты или гайки фланцев переднего и заднего подшипников. Специальными выколотками из цветного металла и молотком или кувалдой снимают задний подшипниковый щит и сдвигают с заточки передний подшипниковый щит. Ротор вместе с передним щитом извлекают из статора, причем на мелких электродвигателях эту операцию делают вручную, а на средних и крупных — при помощи специального приспособления и грузоподъемного механизма. В обоих случаях принимают меры к тому, чтобы не повредить активную сталь ротора и статора (например, после снятия заднего подшипникового щита вводят в зазор между ротором и статором лист тонкого электрокартона). После этих операций в специальном приспособлении снимают с подшипника передний щит. На этом заканчивается разборка электродвигателя. На основные его детали вешают металлические бирки.

Все детали тщательно промывают в моечной машине. После промывки ротор электродвигателя с подшипниковыми щитами, подшипниками, фланцами и деталями крепежа (механическая часть) отправляют в слесарно-механический ремонт.

При дефектации машины особенно ответственна проверка ее электрической части. В электрических машинах чаще всего могут быть три неисправности: обрыв цепи, замыкание между фазами (цепями) обмотки или обмотки на корпус и витковое замыкание обмотки.

Все эти неисправности можно определить при помощи четырех методов: контрольной лампы или сопротивления (омметра), метода симметрии токов или напряжений, метода милливольтметра и метода электромагнита.

В собранной и в разобранной машине обрыв в цепи обмотки, не имеющей параллельных ветвей, легко определить контрольной лампой, а в цепи с параллельными ветвями — при помощи омметра или же после распайки ветвей той же контрольной лампой.

В машинах постоянного тока это повреждение определяют омметром. В цепи с обрывами сопротивление всегда значительно больше расчетного значения.

Обрыв в короткозамкнутом роторе асинхронного двигателя определяют в режиме короткого замыкания двигателя при помощи метода симметрии токов. Ротор электродвигателя затормаживают, к статору подводят напряжение, пониженное по сравнению с номинальным в 5—6 раз. В каждую фазу обмотки статора включают амперметр. При исправных обмотках статора и ротора показания всех трех амперметров одинаковы и не зависят от положения ротора. При обрыве стержней в роторе показания приборов различны и изменяются с поворотом ротора. Различные показания приборов, не зависящие от поворота ротора, указывают на неисправность обмотки статора (витковое замыкание, неправильное соединение катушек в обмотке статора и т. п.). Витковое замыкание в обмотке статора двигателя обычно определяют при помощи метода симметрии токов в режиме холостого хода, а для генератора — при помощи метода симметрии напряжений (вместо трех амперметров в схему включают три вольтметра).

В разобранной машине определяют обрыв в цепи короткозамкнутого ротора и витковое замыкание в цепи

статора или якоря (машины постоянного тока), используя для этого электромагнит. Ротор (подобно якору) помещают на электромагнит (рис. 39) и поворачивают вручную. Стальная пластинка, прикладываемая к пазам ротора, вибрирует на исправных пазах и не вибрирует на пазах, где размещены оборванные стержни. Для определения виткового замыкания в обмотке статора электромагнит помещают в расточку статора (рис. 41) и передвигают по ней. Стальная пластинка, прикладываемая к пазам, начинает вибрировать, как только попадает на паз, в котором помещается поврежденная катушка обмотки.

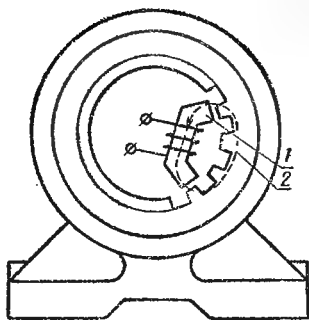


Рис. 41. Определение витковых замыканий в обмотках статоров при помощи электромагнита:

1 — башмак; 2 — магнитный поток.

§ 5. ВЫЕМКА И НАМОТКА ОБМОТОК

Если необходимо удалить обмотку, статор загружают в печь для сжигания пазовой и- витковой изоляции обмотки. Обжиг изоляции ведут при температуре 280—300° С в течение 5—8 ч. Однако этот способ имеет ряд недостатков. Процесс этот довольно длительный, так как температуру печи нельзя поднять выше 280° С во избежание воспламенения изоляции обмотки. Однако, несмотря на ограничения, изоляция обмотки все же иногда воспламеняется, так как температура в печи неравномерна по всему объему. В местах воспламенения изоляции наблюдаются местные перегревы, которые могут ухудшить структуру обмоточной меди и активной стали статора.

Этот способ неприменим для статоров с алюминиевым корпусом, так как последний может расплавиться при загорании обмотки.

При индукционном способе выжига обмоток статор электродвигателя помещают в нагреватель, в котором он как бы является вторичным замкнутым накоротко витком трансформатора (рис. 42). Протекающий по

читательно выше, чем лобовой, а к воспламенению склонна лишь лобовая часть обмотки, находящаяся в воздушной среде.

Этот способ безопасно применять и для двигателей с алюминиевым корпусом, так как самовоспламенений изоляции не наблюдается.

После обжига изоляции статор промывают в моечной машине. Для замены обмотки из пазов статора извлекают старую обмотку и продувают пазы сухим сжатым воздухом при помощи шланга со специальной насадкой. В пазы укладывают предварительно заготовленную главную — пазовую изоляцию (гильзование пазов). Затем туда укладывают предварительно подготовленную обмотку, одновременно вставляют междуфазную изоляцию и пазовые клинья. После этого соединяют обмотку статора, сваривают схему при помощи графитного электрода и трансформатора на вторичное напряжение 6—18 В мощностью 1 кВт·А и окончательно изолируют схему.

Перед пропиткой изоляцию обмотки испытывают повышенным напряжением относительно корпуса и между фазами, проверяют на витковые замыкания, проверяют правильность схемы соединения. Обмотку сушат, затем пропитывают и снова сушат в электропечи с автоматическим регулированием температуры, причем температура и продолжительность сушки зависят от марки применяемых лаков и класса изоляции электродвигателя. Обычно для пропитки статор погружают в бак с лаком и держат там до прекращения выделения из лака пузырьков воздуха.

В настоящее время обмотки асинхронных электродвигателей изготавливают из обмоточного провода марок ПЭТВ, ПЭТ-155. Для пазовой и межслойной изоляции класса А применяют пленкоэлектрокартон толщиной 0,27 мм, обладающий высокими диэлектрическими качествами, в электродвигателях класса нагревостойкости В используют еще более качественную изоляцию пленкоасбокартон толщиной 0,3 мм, а класса F — стеклолакоткань и гибкий стекломиканит.

Для электродвигателей класса Е используют букочный пазовый клин, а для классов В и F — стеклотекстолит.

Бандажируют обмотки в двигателях электроизоляционными чулками типа АСЭЧ. Для выводных концов

используют высококачественные установочные провода типа ПТЛ-200, РКГМ и др. Для изоляции выводов катушек, внутримашинных соединений и мест паяк используют электроизоляционные трубки ТЭС и ТКС.

Вместо масляно-битумных пропиточных и покровных лаков № 447, 460 и т. п. в настоящее время для пропитки обмоток применяют высококачественные лаки МЛ-92, ПЭ-933 и электроизоляционные эмали для защитного покрытия типа ГФ-92ХС, ГФ-92ГС, ЭП-91.

Обмотки статоров асинхронных электродвигателей изготавливают из мягких катушек и укладывают в полукрытые пазы в один или два слоя способом «всыпания». Все катушки, как правило, наматывают на универсальных шаблонах. Однако укладку катушек в пазы, формирование лобовых частей и их бандажирование выполняют вручную.

Чтобы не повредить изоляцию катушек при их укладке в пазы, применяют «мягкий» инструмент (деревянные молотки, фибровые или текстолитовые доски и клинья).

В асинхронных двигателях с фазовым ротором применяют катушечные обмотки роторов (всыпные и впротяжку) и стержневые. В машинах малой мощности практически применяют всыпные обмотки, технология изготовления которых не отличается от технологии изготовления статорных обмоток. Обмотанные и пропитанные лаком статоры, роторы и якоря сушат в печах.

Примерный объем сушильной печи можно определить по удельному объему печи ΔV , приходящемуся на 1 кВт мощности подвергающихся сушке электродвигателей:

$$\Delta V = 0,02 \div 0,04 \text{ м}^3/\text{кВт}.$$

Мощность печи определяют по удельной мощности, приходящейся на 1 м³ объема печи:

$$\Delta P = 3 \div 8 \text{ кВт/м}^3.$$

Для ускорения сушки в печи желательно иметь циркулирующий воздух.

§ 6. РЕМОНТ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Ремонт подшипниковых щитов и станин сводится в основном к заварке трещин и восстановлению размеров посадочных мест.

Чаще всего трещины появляются в чугунных подшипниковых щитах или станинах. Существует несколько способов заварки трещин в деталях из чугуна. При толщине треснувшей стенки более 5 мм перед заваркой делают два отверстия в начале и в конце трещины диаметром 3—5 мм и разделяют трещину — скашивают ее кромки по всей длине под углом 45—60°.

Первый способ заварки. Заварку ведут при начальной температуре детали 18—22° С медным электродом, обернутым полоской белой жести, с обмазкой ООМ-5 или жидким стеклом. Наплавленную медь посылают бурой и в процессе наложения шва проковывают.

Второй способ заварки. По обеим сторонам трещины ввертывают стальные шпильки в шахматном порядке. Шпильки должны проходить насквозь через стенку свариваемой детали. Затем шпильки сваривают между собой стальным электродом с обеих сторон детали.

Третий способ заварки. Деталь в опоке с песком нагревают до 700—800° С в печи или на кузнечном горне. В нагретом состоянии трещину заваривают газовой сваркой. После сварки деталь медленно остывает в опоке с песком в течение 24 или более часов. Этот способ заварки дает очень хорошее качество шва.

В подшипниковом щите часто меняются размеры посадочного места под подшипник. В этом случае растачивают посадочное место и запрессовывают в него переходное кольцо с толщиной стенки 1,5—2 мм.

Если изменился размер замка подшипникового щита, срезают торцовую поверхность замка подшипникового щита на 2—3 мм и на ту же длину протачивают посадочную поверхность нового диаметра. При этом на валу электродвигателя делают новую заточку в осевом направлении, ограничивающую посадку подшипника.

Ремонт валов. Изношенные шейки валов наплавливают, а трещины в валах заваривают, если они распространены вглубь не более чем на 10% диаметра вала и занимают не более 10% окружности вала (для поперечных трещин). После наплавки вала его протачивают на токарном станке и шлифуют при помощи специального приспособления. В необходимых случаях делают новый вал из стали марки Ст-45. Неисправные подшипники качения заменяют. Подшипники снимают с вала при помощи специальных приспособлений, а на-

девают на вал после разогрева в масле до температуры 95° С.

Ремонт активной стали статора. При пробое обмотки на корпус или между фазами активная сталь статора может быть оплавлена. В этом случае после снятия старой обмотки удаляют наплавленный металл, а иногда вырубает часть зубца. Вместо удаленной части зубца ставят протез из твердого изоляционного материала.

Ремонт обмотки короткозамкнутого ротора. Довольно часто встречается обрыв одного или нескольких стержней беличьей клетки ротора, залитой алюминием.

Эту неисправность устраняют следующим образом. На токарном станке обрезают короткозамыкающие кольца вровень с активной сталью ротора. После этого удаляют алюминиевые стержни из пазов ротора химическим путем или выплавлением алюминия.

При химическом способе активное железо ротора скрепляют и на 24 ч погружают в двухпроцентный водный раствор каустической соды с температурой 70° С. После удаления алюминия ротор промывают водой и сушат.

При выплавлении алюминия ротор загружают в ванну с расплавленным свинцом и алюминий очень быстро выплавляется из пазов ротора. После остывания ротора его промывают в горячей воде и сушат.

Не следует выплавлять алюминий из пазов ротора в обычных печах или горнах, так как может покоребиться активная сталь ротора.

Ремонт коллекторов подразделяется на два вида ремонтов — без разборки и с разборкой. Первый состоит из обточки, продоразживания, шлифования и полирования. Обточка необходима при появлении неровностей на коллекторе из-за его значительного износа или повреждения. При малых неровностях коллектора его достаточно отшлифовать.

Протачивают коллектор обычно на токарных станках при низкой частоте вращения и подаче резца.

После разборки изоляцию между пластинками коллектора продоразживают (фрезеруют) на глубину 0,5—2 мм в зависимости от размеров коллектора. В некоторых случаях продоразживание коллектора выполняют вручную ножовочным полотном или специальным скребком.

На боковых сторонах канавок коллектора не должно оставаться чешуек слюды, грани пластин продоруженного коллектора снимают шабером или тонким напильником. Продоруживание делают при любом ремонте коллектора, даже если его не протачивают. Шлифуют коллектор чаще всего на токарном станке при помощи мелкозернистой стеклянной бумаги, натянутой на деревянную колодку, имеющую форму коллектора. После обточки и шлифования коллектор и машину продувают сжатым воздухом и прочищают. Коллектор еще раз продоруживают для того, чтобы удалить частицы меди, застрявшие в канавках, и отрегулировать глубину выбранной изоляции.

Для полирования используют мелкозернистую стеклянную бумагу (№ 000), смазанную вазелином. Применять наждачную бумагу для шлифования и полирования недопустимо. При обточке, шлифовании и полировании необходимо следить за тем, чтобы пыль не попала в обмотку машины.

После полирования коллектор протирают чистой салфеткой, слегка смоченной в бензине. После обработки коллектор должен иметь зеркальную поверхность, эксцентриситет его должен быть не более 0,05 мм.

Ремонт коллектора с разборкой проводят при замыканиях между пластинами или их выгорании. При этом отпаивают концы обмотки, на коллектор надевают хомут и после этого его разбирают: отворачивают гайку, крепящую коллектор, сдвигают нажимной конус с манжетой и снимают весь комплект пластин с хомутом. После этого коллектор осматривают со всех сторон, устраняют обнаруженное повреждение и собирают его. Ремонт может касаться коллекторных пластин (опиливание острых углов «ласточкиного хвоста» или нажимного конуса, замена выгоревшей пластины), миканитовой манжеты или прокладок между пластинами.

Сборку коллектора желательно проводить при помощи пресса, подпрессовывая повторно коллектор после нагрева до температуры 170—180° С, и испытательного разгона при частоте вращения, равной 1,5 номинальной. Собранный коллектор проверяют на отсутствие замыкания, затем отправляют на сборку с машиной.

Ремонт контактных колец обычно не сложен и заключается в проточке и полировке колец, утративших цилиндрическую форму или имеющих значительные

подгары, раковины или выбоины, и в усилении или замене изоляции. Изоляция контактных колец может состоять из пропитанного льняным маслом электрокартона, микафолия или гибкого миканита.

При помощи пресса нагретые контактные кольца насаживают на изолированную втулку, затем отправляют на сушку. После сушки наружные поверхности изоляции колец покрывают серой эмалью печной сушки и кольца в сборе снова подвергают сушке в печи.

Сопротивление изоляции колец должно быть не менее 1 МОм и выдерживать пробивное напряжение не менее 2,5 кВ при рабочем напряжении двигателя 380—220 В.

Ремонт токособирающего устройства. Щетки выбирают в зависимости от типа электрической машины, плотности тока, частоты вращения. Они должны иметь определенное нажатие в зависимости от их марки. Установка щеток должна обеспечивать равномерный износ коллектора.

Изношенные обоймы щеткодержателей заменяют новыми. Зазор между нижней плоскостью обоймы щеткодержателя и коллектором должен быть в пределах 2—4 мм.

Поврежденную изоляцию пальцев щеткодержателей восстанавливают при помощи кабельной бумаги и бакелитового лака.

Щетки должны быть притерты к коллектору или контактным кольцам всей своей поверхностью. Притирку щеток осуществляют стеклянной бумагой, которую протягивают только в направлении вращения коллектора (рис. 36).

§ 7. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСЛЕ РЕМОНТА

Системой планово-предупредительных ремонтов и обслуживания электрооборудования предусматриваются следующие виды испытаний:

1) профилактические. Их объем и периодичность устанавливаются местными инструкциями в зависимости от условий, в которых эксплуатируется оборудование, и режимов его работы;

2) браковочные испытания — дефектация оборудования перед ремонтом;

3) пооперационные испытания. Проводятся в процессе ремонта (см. технологию ремонта);

4) контрольные испытания. Проводятся с целью установления соответствия выпускаемого после ремонта (или изготовления) оборудования (каждой машины или аппарата) паспортным данным, техническим условиям на ремонт, стандартам и т. п.;

5) типовые испытания. Проводятся после переделки реконструкции и модернизации оборудования;

6) приемо-сдаточные испытания. Проводятся при приеме крупных агрегатов после ремонта на месте установки.

Контрольным испытаниям должна подвергаться машина после каждого ремонта, если он был даже частичным. В объем контрольных испытаний электрических машин входят следующие операции:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно друг друга и корпуса;

2) измерение сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии;

3) проведение опыта холостого хода;

4) испытание электрической прочности витковой изоляции;

5) проведение опыта короткого замыкания;

6) испытание электрической прочности изоляции обмоток;

7) измерение воздушного зазора между статором и ротором (если возможно).

Следует учитывать некоторую специфику испытаний асинхронных электродвигателей с фазным ротором, в этом случае также определяют коэффициент трансформации.

Кратко рассмотрим содержание каждой из операций, входящих в объем контрольных испытаний.

1. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно друг друга и корпуса. Согласно требованиям ГОСТ 183—66, сопротивление изоляции обмоток электрических машин относительно корпуса и между обмотками должно быть не менее

$$R_{из} = \frac{U_n}{1000 + \frac{S_n}{100}},$$

где U_n — номинальное напряжение испытуемой обмотки, В;

S_n — номинальная мощность машины, кВт·А.

Сопротивление изоляции обычно измеряют мегомметром 500 В, 1000 или 2500 В при условии, что напряжение мегомметра не превосходит испытательных напряжений обмоток.

За действительное значение сопротивления изоляции принимают то его значение, которое показывает мегомметр по истечении 60 с после приложения напряжения мегомметра к изоляции.

Обычно в практике эксплуатации и ремонта асинхронных электродвигателей напряжением до 500 В считается нормальным, если сопротивление изоляции обмоток друг относительно друга и относительно корпуса составляет не менее 0,5 МОм.

2. Измерение сопротивления обмоток постоянному току в холодном состоянии. Практически холодным состоянием машины или аппарата называется такое их состояние, при котором температура любой части электрооборудования отличается от температуры окружающей среды не более чем на $\pm 3^\circ \text{C}$. Сопротивление обмоток может быть определено различными методами, но при проведении контрольных испытаний допустимая погрешность измерения сопротивления должна быть не более 1—2%, а при типовых испытаниях не более 0,4%.

Измеренное значение сопротивления обмоток приводят к условной температуре, за которую в электромашиностроении принята температура, равная 15°C . Полученное значение сопротивления обмоток не должно превышать расчетное сопротивление более чем на 4%.

Сопротивления обмоток отдельных фаз трехфазных электромашин или аппаратов не должны отличаться друг от друга более чем на 2%.

3. Проведение опыта холостого хода. При контрольных испытаниях электрооборудования опыт холостого хода ограничивается измерением необходимых величин (напряжения, тока и мощности) только при одном номинальном значении напряжения и номинальной частоте тока питания.

Опыт холостого хода асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором проводят при вращающемся роторе. В этом случае ваттметр, включенный в цепь

статора электродвигателя, измеряет не только потери в стали статора, но и потери в обмотках статора при относительно большом токе холостого хода, равном 0,6—0,2 номинального тока, и механические потери на трение в подшипниках ротора. Потери в стали ротора при очень малом скольжении ротора на холостом ходу крайне незначительны, и ими можно пренебречь.

Опыт холостого хода необходимо проводить при установленном тепловом состоянии подшипников, поэтому все измерения рекомендуется делать после получасовой работы электродвигателя на холостом ходу, иногда (для крупных машин) это время увеличивают до 1—2 ч.

Опыт холостого хода асинхронных электродвигателей с фазным ротором проводят, как правило, при разомкнутом неподвижном роторе. В этом случае ваттметр, включенный в цепь статора, измеряет мощность потерь в стали статора и обмотках статора от тока холостого хода, а также потерь в стали ротора электродвигателя.

В опыте холостого хода асинхронных электродвигателей фиксируют ток, мощность и напряжение. Токи по фазам должны быть одинаковы, допускаемая до 5% разница между ними указывает, как правило, на отклонения числа витков по фазам или ошибки, допущенные при соединении обмоток после их ремонта.

За действительное значение тока холостого хода принимают среднее арифметическое значение тока по трем фазным. Это значение тока сравнивают с расчетным значением тока холостого хода, а при его отсутствии со значениями токов холостого хода электродвигателей, ранее измеренных в процессе эксплуатации.

Полученное значение тока холостого хода не должно отличаться от допускаемого более чем на 10%. Увеличенный ток указывает на больший, чем нужно, воздушный зазор, или на уменьшенное число витков обмотки статора и иногда на замыкание листов стали статора между собой. Увеличенный воздушный зазор ухудшает технико-экономические показатели электродвигателя, особенно снижая его коэффициент мощности. Уменьшение числа витков обмотки статора сопровождается увеличением магнитной индукции в стали статора, ростом потерь в стали и ее нагрева, снижением к. п. д. Замыка-

ния листов стали статора вызывают местные нагревы и снижение к. п. д. машины.

В двигателях с фазным ротором опыт холостого хода совмещают с определением коэффициента трансформации, под которым понимают отношение числа витков фазы статора к числу витков фазы ротора. Коэффициент трансформации с достаточной степенью точности определяют по показаниям вольтметров, подключенных к обмотке статора и ротора. Разница между полученным и расчетным или паспортным значением коэффициента трансформации не должна превышать 1%.

Напряжения, измеренные на кольцах фазного ротора электродвигателя, должны быть одинаковыми, что свидетельствует о симметрии фаз статора и ротора. При вращении ротора от руки показания вольтметров, подключенных к кольцам, не должны меняться.

Неравенство напряжений, измеряемых на кольцах, если оно сохраняется при повороте ротора от руки, указывает на дефекты в обмотке ротора, например витковое замыкание и между обмотками фаз. В этом случае в опыте холостого хода разомкнутый ротор может начать вращаться.

Изменение же показаний вольтметров, подключенных к кольцам, при вращении ротора указывает на дефекты в обмотке статора (неправильное соединение обмотки).

4. Испытание электрической прочности витковой изоляции электрических машин аналогично испытанию трансформаторов.

5. Проведение опыта короткого замыкания. Опыт короткого замыкания электродвигателей мощностью до 10 кВт стремятся проводить при полном напряжении питания. В этом случае получают реальное значение пускового тока электродвигателя и при необходимости значение его пускового момента. Электродвигатели большей мощности испытывают при напряжении, в 5—7 раз меньшем номинального, чтобы ток, протекающий по обмоткам, в опыте короткого замыкания не превышал номинального значения. Пусковой ток в этом случае определяется путем соответствующего пересчета.

6. Испытания электрической прочности изоляции машины предусматривают испытания изоляции обмоток относительно корпуса и относительно

друг друга. Испытанию изоляции относительно корпуса подвергают поочередно каждую электрическую цепь, при этом один полюс источника испытательного напряжения прикладывают к выводу испытуемой обмотки, а другой — к заземленному корпусу машины, с которым на время испытания данной обмотки электрически соединяют все прочие обмотки.

Постоянно соединенные между собой многофазные обмотки принимают за одну цепь, в этом случае изоляцию всей многофазной обмотки испытывают относительно корпуса целиком.

Если одна из обмоток машины при нормальном режиме работы связана с корпусом машины, то на период испытания ее изоляции обмотку отъединяют от корпуса.

Испытание следует начинать с напряжения, не превышающего трети испытательного. Затем увеличивать его до испытательного напряжения плавно или ступенями, не превышающими 5% полного его значения. Время, допускаемое для подъема напряжения от половинного до полного испытательного значения, должно быть не менее 10 с. Испытание проходит в течение одной минуты, затем снижают напряжение до одной трети его значения и отключают.

Результаты испытания изоляции считаются удовлетворительными, если во время испытания не происходит пробоя изоляции. Значения испытательных напряжений для машины с новыми обмотками составляют $U_{\text{н}} = U_{\text{н}} + 500$ В для машин на номинальное напряжение до 24 В и $U_{\text{н}} = 2U_{\text{н}} + 1000$ В для прочих машин.

При ремонтах с полной заменой изоляции обмоток испытательное напряжение равно 0,85 приведенного выше. Поверочные испытания на электрическую прочность (после транспортировки машины, длительного хранения) проводят напряжением, равным 0,75 указанного выше.

Профилактические испытания и испытания после ремонта без полной замены изоляции статоров и роторов машины переменного тока напряжением до 380 В проводят при напряжении, равном 1000 В.

7. Измерение воздушного зазора. Зазор желательно измерять в трех-четыре точки с обеих сторон машины. Для асинхронных двигателей допуска-

ется отклонение среднего значения зазора от расчетного до 10%.

Объем контрольных испытаний асинхронных и синхронных машин практически одинаков. Некоторую специфику имеют контрольные испытания машин постоянного тока. В их объем обязательно входит проверка коммутации. При неизменном положении щеток и нагрузке, изменяемой от холостого хода до 1,5-кратной номинальной, машина постоянного тока должна работать практически без искр. То же самое должно быть и при кратковременных перегрузках. Исправность коммутации проверяют при температуре, близкой к рабочей. Искрение на коллекторе оценивают по шкале искрения:

- степень 1 — отсутствие искрения (темная коммутация);
- степень 1 $\frac{1}{4}$ — слабое точечное искрение примерно у четверти щеток;
- степень 1 $\frac{1}{2}$ — слабое искрение приблизительно у половины щеток;
- степень 2 — искрение под большей частью щетки у большинства или у всех щеток;
- степень 3 — значительное искрение у всех щеток.

Допускается эксплуатация машин со степенями искрения 1, 1 $\frac{1}{4}$ и 1 $\frac{1}{2}$. Степень 2 допускается при кратковременных перегрузках, толчках, реверсах. Искрение машин со степенью 3 недопустимо при длительной работе и, как исключение, может быть допущено, например, при прямом пуске двигателя постоянного тока от сети (без пускового реостата) или его реверсе.

Длительная работа машин постоянного тока с искрением со степенями 2 и 3 приводит к разрушению коллектора и щеток.

§ 8. ДОКУМЕНТАЦИЯ ПО РЕМОНТУ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Строгое ведение документации при ремонте позволяет правильно установить действительное состояние машины, определить виды повреждения и их причины, объем ремонта, сократить продолжительность и трудоемкость его, повысить надежность машины, избежать дефектов при ремонте и, следовательно, повторного ремонта.

В ремонтной практике на разных предприятиях применяется различная, неодинаковая по форме, но близкая по содержанию документация: акты приемки и сдачи машин в ремонт, дефектовочные ведомости или дефектовочные карты, формуляры ремонта машин, картотеки учета двигателей в ремонте, протоколы испытаний машин, акты выдачи готовой продукции и т. п.

В каждом конкретном случае вопрос о технической документации решается руководством ремонтного предприятия.

§ 9. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

При проведении ремонта электрических машин необходимо соблюдать правила техники безопасности. Все тяжелые машины или их узлы и детали перемещать только при помощи специальных подъемно-транспортных средств. При разборочно-сборочных работах использовать переносные лампы на напряжение не выше 36 В и обязательно с защитной сеткой, при этом работать в рукавицах.

В местах, где промывают детали электрических машин при помощи керосина или других легковоспламеняющихся веществ, необходимо особенно строго соблюдать правила пожарной безопасности. Особенно пожароопасны отделения пропитки и сушки обмоток электрических машин, где используются пожаро- и взрывоопасные вещества.

Такое же строгое соблюдение правил безопасности необходимо при сварочных работах, соединении обмоток электрических машин, заваривании трещин, заточке инструмента, приготовлении припоев, приготовлении катушек со стеклянной изоляцией и т. п.

При ремонте приходится проводить межоперационный контроль обмоток электрических машин, а также контрольные испытания с использованием установок на напряжением 2—3 кВ и выше. В этом случае необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности. В частности, испытания изоляции машин может проводить работник лишь с III и IV группой по технике безопасности, а в некоторых случаях эти испытания проводят два человека.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды ремонтов электрических машин и сроки их проведения.
2. Перечислите операции текущего ремонта электрических машин.
3. Перечислите операции капитального ремонта электрических машин.
4. Укажите последовательность разборки машины.
5. Какие виды неисправностей электрических машин вы знаете?
6. Какие методы определения неисправностей вы знаете?
7. Какие операции предшествуют выемке старой обмотки из статора?
8. Какие обмоточные провода применяются при изготовлении обмоток электрических машин?
9. Какие лаки применяются для пропитки электрических машин?
10. Чем отличаются асинхронные электродвигатели сельскохозяйственных серий от электродвигателей общепромышленного исполнения?
11. Перечислите операции пропитки и сушки обмоток электрических машин.
12. Какова конструкция главной (пазовой части) изоляции асинхронных электродвигателей напряжением до 500 В?
13. Укажите объем контрольных испытаний после ремонта:
 - а) асинхронных электродвигателей;
 - б) машин постоянного тока.
14. Какие отклонения величин от нормальных считаются допустимыми при ремонте валов, контактных колец, коллекторов и токо-собирающего устройства?
15. Какие участки и цехи электроремонтного предприятия относятся к местам с повышенной степенью пожаро- и электроопасности?

Лабораторная работа 9

Дефектация асинхронного двигателя

Цель работы. Освоить методику дефектации короткозамкнутого асинхронного электродвигателя.

План работы. 1. Провести дефектацию короткозамкнутого двигателя и составить ведомость дефектов на его ремонт.

2. Устранить неисправности в обмотках электродвигателя, отмеченные в дефектовочной ведомости.

Пояснения к работе. Определить обрывы, замыкания между фазами обмотки, замыкания между обмотками и корпусом и межвитковые замыкания в обмотке статора, а также обрывы короткозамкнутого ротора как в собранном, так и разобранном электродвигателе. Устранить повреждения в обмотке статора. Проверить состояние обмотки статора и убедиться в устранении повреждений.

Испытания асинхронного электродвигателя после ремонта

Цель работы. Освоить методику испытания асинхронного короткозамкнутого электродвигателя после ремонта по программе контрольных испытаний.

План работы. Нарисовать схемы испытаний и провести все операции в объеме контрольных испытаний.

Пояснения к работе. Провести все операции контрольных испытаний двигателя и полученные результаты сравнить с допускаемыми по нормам. Установить причину расхождений между ними и внести предложения по улучшению характеристики двигателя.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПУСКОВОЙ, ЗАЩИТНОЙ, РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

§ 1. ОБЪЕМ И НОРМЫ ИСПЫТАНИЙ АППАРАТОВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В ПЕРЕД ПУСКОМ

Новый объект (потребительские подстанции, силовой электропривод и др.) может быть включен под напряжение только после комплексных испытаний. Согласно

Таблица 18

Испытываемая изоляция	Напряжение мегаомметра, В	Минимальное значение сопро- тивления изо- ляции аппара- тов вторичных цепей напря- жением до 1000 В, МОм	Примечание
Катушки контак- торов, магнит- ных пускателей и автоматов	500—1000	0,5	Верхний предел для шин посто- янного тока и шин напряжения на щите управ- ления; нижний для присоеди- нений вторичных цепей
Вторичные цепи управления, за- щиты, измере- ния	500—1000	1—10	
Распределитель- ные устройства, щиты и токопро- воды	1000	0,5	Для каждой сек- ции распреде- лительного устрой- ства

ПУЭ, объем этих испытаний для аппаратов напряжением до 1000 В следующий.

1. Измерение сопротивления изоляции. Значения сопротивления изоляции аппаратов должны быть не ниже приведенных в таблице 18.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты. Значение испытательного напряжения изоляции аппаратов, их катушек и вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами принимается равным 1000 В. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

3. Проверка действия максимальных, минимальных или независимых расцепителей автоматов с номинальным током 200 А и более. Пределы работы расцепителей должны соответствовать заводским данным.

4. Проверка работы контакторов и автоматов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока. Значения напряжений и количество операций при испытании контакторов и автоматов многократными включениями и отключениями приведены в таблице 19.

Таблица 19

Операция	Количество операций при испытании контакторов и автоматов	Отклонение напряжения на шинах оперативного тока от номинального, %
Включение	5	90
Включение и отключение	5	100
Отключение	10	80

Помимо испытаний, предусмотренных ПУЭ, в процессе пуско-наладочных работ проводятся испытания, определяемые конструкцией и назначением аппарата и условиями его работы, а также испытания для получения исходных данных. Методика этих испытаний рассматривается в настоящем параграфе.

Автоматические выключатели серии АЗ100. В объем работ по автоматам серии АЗ100 входят проверка тепловых и электромагнитных расцепителей и испытание изоляции выключателей.

Уставки расцепителей автоматов серии АЗ100 не регулируются. После калибровки расцепителей на заводе-изготовителе их крышки опечатывают. На месте уста-

новки автоматов проверяют соответствующие фактических уставок расцепителей их номинальным данным для оценки пригодности автоматов для эксплуатации.

Начальные токи срабатывания расцепителей или тепловых элементов комбинированных расцепителей при температуре окружающей среды $+25^{\circ}\text{C}$, а также время остывания теплового элемента приведены в таблице 20.

Таблица 20

Тип автомата	Время (ч) срабатывания тепловых элементов при		Время (ч), в течение которого срабатывает тепловой элемент при	Время остывания тепловых элементов, мин
	$\frac{I_{\text{исп}}}{I_{\text{н}}} = 1,35$	$\frac{I_{\text{исп}}}{I_{\text{н}}} = 1,45$		
A3110	—	1	2	2
A3120	—	1	2	2,5
A3130	—	1	3	3
A3140	—	1	4	4
A3160	2	—	2	1

Проверку тепловых элементов расцепителей автоматов рекомендуется проводить в такой последовательности.

1. Проверка тепловых элементов на срабатывание при полюсной нагрузке испытательным током, равным дву- или трехкратному номинальному току расцепителя автомата.

2. Проверка характеристик тепловых элементов при одновременной нагрузке всех полюсов двукратным (для автоматов A3160 и A3110) и трехкратным током (для автоматов A3120, A3130 и A3140). Время срабатывания расцепителя должно находиться в пределах, указанных в заводской инструкции для каждого типа автомата.

3. Проверка начального тока срабатывания автоматов, у которых при проверке дву- или трехкратным током время срабатывания не совпадает с данными заводской инструкции.

Проверку электромагнитных элементов испытательным током проводят для каждого автомата отдельно. При проверке электромагнитных расцепителей испытательный ток от нагрузочного устройства устанавливают на 30% ниже тока уставки автоматов A3110 и на 15%

ниже токов уставки остальных автоматов. При этом токе автомат не должен отключаться. Затем испытательный ток повышают до отключения автомата. Ток срабатывания не должен превышать ток уставки больше чем на 30% для автоматов АЗ110 и на 15% для остальных автоматов.

Электромагнитные элементы комбинированных расцепителей в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя проверяют в следующем порядке. К нагрузочному устройству подключают эквивалентное сопротивление, равное полному сопротивлению (суммарному сопротивлению теплового элемента, электромагнитного и коммутирующих контактов) одного полюса испытываемого автомата. Регулирующим устройством устанавливают ток на 30% ниже уставки для автоматов АЗ110 и на 15% ниже для прочих автоматов. Не изменяя значения установленного испытательного тока от нагрузочного устройства, отключают эквивалентное сопротивление. Вместо него поочередно включают все полюсы автомата, при этом автомат не должен отключаться. После этого экви-

валентное сопротивление вновь присоединяют к нагрузочному устройству и устанавливают значение испытательного тока на 30% выше тока уставки для автоматов типа 3110 и на 15% для прочих автоматов. Затем, не изменяя установленного испытательного тока, отключают от нагрузочного устройства эквивалентное сопротивление и поочередно включают все полюсы автомата. В этом случае автомат отключается под действием электромагнитных

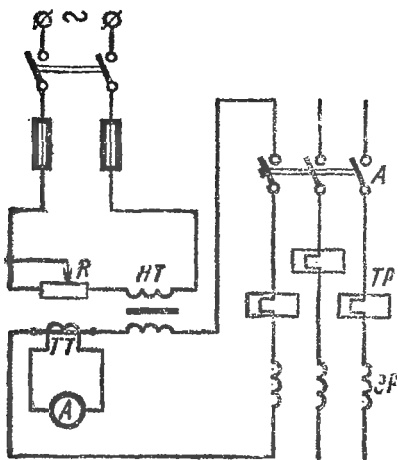


Рис. 43. Схема проверки тепловых и электромагнитных расцепителей автоматов:

HT — нагрузочный трансформатор;
ТР — тепловой расцепитель; ЭР — электромагнитный расцепитель; А — автомат.

элементов. Чтобы убедиться в этом после каждого отключения, необходимо (пока не остыли тепловые элементы) попытаться включить автомат вручную. Если автомат включается нормально, значит, он был отключен от электромагнитного элемента. При срабатывании теплового элемента повторное включение автомата не происходит. Схема испытания расцепителей автоматов приведена на рисунке 43.

Дистанционный расцепитель автомата должен четко срабатывать в пределах 75—105% номинального напряжения.

При температуре окружающего воздуха $+40^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 60—80% сопротивление изоляции выключателя в холодном состоянии должно быть

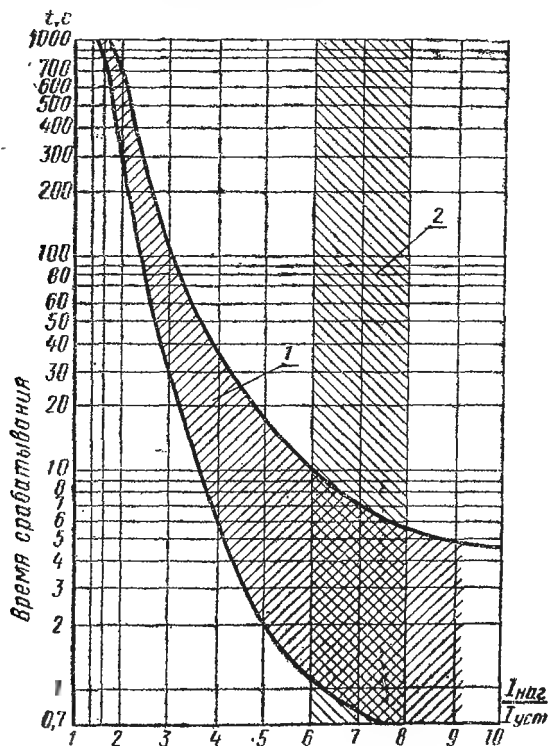


Рис. 44. Защитные характеристики автоматов типа АП50:

1 — зона разброса срабатываний для теплового расцепителя; 2 — зона разброса срабатываний для электромагнитного расцепителя.

не менее 10 МОм, а в прогретом (номинальным током расцепителя) — не менее 5 МОм.

Автоматические выключатели серии АП 50. В сельском хозяйстве на электроустановках с номинальным током до 50 А широко применяются автоматические выключатели АП 50 различных модификаций.

Проверка расцепителей автоматов АП 50 проводится аналогично описанному выше. Токи срабатывания электромагнитных расцепителей приведены в таблице 21, а защитные характеристики автоматов — на рисунке 44.

Т а б л и ц а 21

Номинальный ток установки электромагнитных расцепителей автоматов АП 50, А	Ток мгновенного срабатывания, А	
	переменный при частоте 50 Гц	постоянный
1,6	11	14
2,5	17,5	22
4	28	36
6,4	45	57
10	70	90
16	110	140
25	175	320
40	280	352
50	350	440

Пределы регулировки номинального тока установки тепловых расцепителей связаны с номинальными токами установки (табл. 22).

Т а б л и ц а 22

Ток установки расцепителя, А	1,6	2,5	4	6,4
Пределы регулирования, А	1—1,6	1,6—2,5	2,5—4	4—6,4

Продолжение

Ток установки расцепителя, А	10	16	25	40	50
Пределы регулирования, А	6,4—10	10—16	16—25	25—40	30—50

Тепловые расцепители не срабатывают в течение 1 ч при токе нагрузки, составляющем 1,1 тока уставки, срабатывают не более чем через 30 мин при токе нагрузки, составляющем 1,35 тока уставки, и за 1—10 с, если ток нагрузки в 6 раз больше тока уставки.

Уставку автомата регулируют рычагом на механизме свободного расцепления автомата. Время остывания теплового элемента после срабатывания расцепителя составляет не более 2 мин.

Сопротивление изоляции автомата в холодном состоянии при относительной влажности среды 75% должно быть не менее 20 МОм, в прогретом состоянии номинальным током — не менее 6 МОм.

В последние годы разработаны более совершенные по конструкции автоматы типа АЕ.

Ремонт автоматов заключается в смене поврежденных элементов и необходимой регулировке узлов (по результатам испытаний).

Магнитные пускатели. Из низковольтной аппаратуры в сельскохозяйственном производстве широко распространены магнитные пускатели типов ПМЕ, ПА и П в закрытом и открытом исполнении. Пускатели изготавливают с тепловыми реле, осуществляющими тепловую защиту электродвигателей, и без тепловых реле. В пускателях серии ПМЕ и пускателях третьей величины серии ПА использованы двухполюсные тепловые реле серии ТРН с температурной компенсацией, в пускателях четвертой — шестой величин серии ПА устанавливают тепловые реле серии ТРП. В магнитных пускателях типа П устанавливают тепловые реле серии РТ.

Наладочные работы по магнитным пускателям, являющимся разновидностью контакторов переменного тока, проводятся в том же объеме, что и по контакторам; дополнительно осуществляется наладка тепловых реле.

При наладке магнитных пускателей выполняют следующие операции:

- 1) внешний осмотр;
- 2) проверку изоляции токоведущих частей;
- 3) измерение сопротивления катушек постоянному току;
- 4) регулировку механической части;
- 5) проверку и настройку пускателя под током.

При внешнем осмотре проверяют соответствие аппарата и его катушек проекту, состояние главных и блокировочных контактов и их пружин, гибких соединений и искрогасительных камер и т. п.

Сопrotивление изоляции катушек и контактов целесообразно измерять совместно со схемой управления в целом. Измерения выполняют мегомметром на напряжение 500—1000 В. Сопrotивление изоляции катушек пускателей, согласно ПУЭ, должно быть не ниже 0,5 МОм.

Сопrotивление катушек постоянному току достаточно измерять с погрешностью до 2—3%. Такие измерения могут быть выполнены омметрами, мостом типа ММВ и др.

Магнитные пускатели, поступившие с завода-изготовителя, как правило, полностью соответствуют каталожным данным. При пуско-наладочных испытаниях проверка механической части обычно сводится к следующему:

- 1) затяжке болтов, крепящих подшипники, устранению затираний в подшипниках;
- 2) проверке свободной самоустановки и плотности прилегания якоря к ярму;
- 3) затяжке болтов, крепящих силовые контакты и выводы к пим;
- 4) регулировке растворов и провалов главных контактов и одновременности их замыкания;
- 5) проверке нажатия контактов (в случае необходимости), замене контактных пружин;
- 6) затяжке болтов и гаек системы блок-контактов;
- 7) проверке центровки блок-контактов, регулировке их зазоров, проверке и (при необходимости) замене пружин на пальцах блок-контактов;
- 8) проверке, нет ли затирания между контактами и дугогасительными камерами;
- 9) проверке крепления катушки;
- 10) зачистке рабочих поверхностей главных и блокировочных контактов.

При затирании в подшипниках следует отпустить крепящие болты пускателей и, найдя положение, соответствующее свободному ходу вала, затянуть их заново.

Плотное прилегание якоря к ярму дает возможность избежать вибрации (гудения) и связанного с ней повышенного износа аппарата. Плотность прилегания якоря проверяют щупом толщиной 0,05 мм.

При регулировке растворов и провалов следует убедиться в одновременном замыкании контактов всех трех фаз и, главное, в наличии достаточного провала. Умень-

шенный провал контакта на одной из фаз может привести к разрыву цепи, перегреву и даже сгоранию обмотки двигателя, включенного на две фазы.

При проверке и настройке аппаратов под током измеряют напряжения втягивания и отпадания. Минимальное напряжение на зажимах втягивающей катушки, при котором включение пускателя надежно, должно быть не выше 85% номинального. Нагрев катушек аппаратов переменного тока почти не влияет на значение напряжения втягивания, так как активное сопротивление катушек мало по сравнению с индуктивным. Напряжение отпадания не нормируется, но его следует измерить, так как оно характеризует состояние некоторых элементов аппарата (остаточный немагнитный зазор, конечное нажатие пружин, свободный ход якоря). Напряжение отпадания измеряют также для оценки надежности удерживания пускателя при снижении напряжения в питающей сети.

Под током пускатели испытывают в первую очередь на гудение и вибрацию. Причиной гудения может быть плохое прилегание якоря к ярму, повышенная жесткость контактных пружин, повреждение короткозамкнутых витков или неправильный их подбор (при ревизии и сборке), несоответствие катушки каталожным данным, нарушение шихтовки магнитопровода.

Если гудение значительное, следует снять отпечаток прилегания якоря. Для этого на поверхность касания ярма кладут бумагу и пускатель включают. Если обнаружены перекосы, то проводят дополнительную механическую регулировку, а при необходимости — притирку полюсов.

Следует иметь в виду, что в процессе включения аппаратов переменного тока индуктивность катушки значительно увеличивается по мере уменьшения воздушного зазора. Общее сопротивление катушки определяется в основном ее индуктивным сопротивлением, поэтому ток катушки в момент включения, когда индуктивное сопротивление мало, может быть в 10—15 раз больше, чем при подтянутом якоре. Вследствие этого проверку пускателей на напряжение втягивания нужно проводить очень быстро во избежание перегрева катушек и регулировочных устройств током включения. Во время испытания пускателей желательно измерить ток, протекающий через катушку при втянутом якоре и номинальном напряжении. При испытании пускателей с нагрузкой на контактной

системе должна быть также проверена надежность гашения дуги. Четкость гашения дуги оценивается визуально наблюдением за характером вспышки при размыкании контактов и по состоянию контактных поверхностей.

Тепловое реле. В однофазных реле серии ТРП внутри биметаллического элемента реле, имеющего U-образную форму, расположен нихромовый нагреватель. Нагрев термоэлементов осуществляется комбинированным способом: ток проходит через нагреватель и частично через биметалл. Реле допускают регулировку тока уставки в пределах $\pm 25\%$. Регулировку осуществляют при помощи механизма уставки, изменяющего напряжение ветвей термоэлемента. Механизм имеет шкалу, на которой нанесено по пять делений в обе стороны от нуля. Цена деления 5% для открытого исполнения и $5,5\%$ — для защищенного. При температуре окружающей среды ниже $+30^\circ\text{C}$ вносится поправка в пределах шкалы реле: одно деление шкалы соответствует изменению температуры на 10°C . При отрицательных температурах стабильность защиты нарушается.

Деление шкалы, соответствующее току защищаемого электродвигателя и окружающей температуре, выбирают следующим образом.

Определяют деление шкалы уставок тока без температурной поправки по выражению

$$\pm N_1 = \frac{I_{\text{эл}} - I_0}{cI_0},$$

где $I_{\text{эл}}$ — номинальный ток электродвигателя;

I_0 — ток нулевой уставки реле;

c — цена деления, равная $0,05$ для открытых пускателей и $0,055$ для защищенных.

Затем вводят поправку на окружающую температуру

$$N_2 = \frac{t_{\text{окр}} - 30}{10},$$

где $t_{\text{окр}}$ — температура окружающей среды.

Поправку на температуру вводят при понижении температуры от номинальной ($+40^\circ\text{C}$) более чем на 10°C .

Результирующее расчетное деление шкалы

$$\pm N = (\pm N_1) + (-N_2).$$

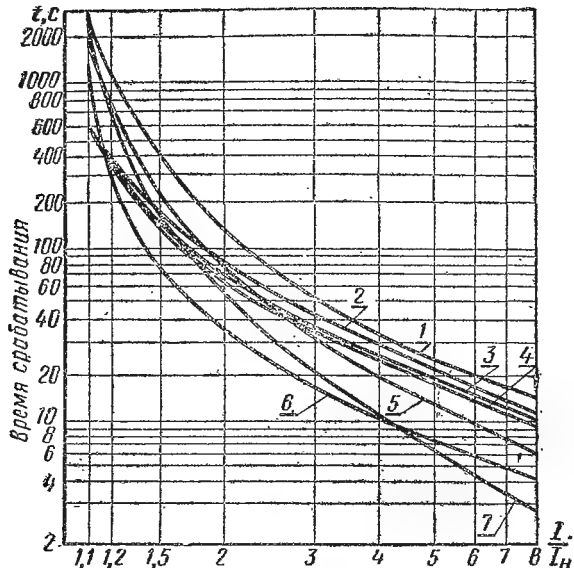


Рис. 45. Защитные характеристики тепловых реле различных серий (при нагреве от холодного состояния):

1 — РТ; 2 — ТРН-10; 3 — ТРН-40; 4 — ТРН-4; 5 — ТРН-25; 6 — ТРН-10А; 7 — ТРН-60.

Если N оказывается дробным, его следует округлить до целого в большую или меньшую сторону в зависимости от характера нагрузки.

Самовозврат реле осуществляется пружиной после остывания биметалла или вручную рычагом с кнопкой.

Реле серии ТРН-двухполюсные с температурной компенсацией. Работа реле почти не зависит от окружающей температуры. Реле типа ТРН-10А позволяют регулировать ток уставки в пределах от -20 до $+25\%$; реле типов ТРН-10, ТРН-25 — в пределах от -25 до $+30\%$. Реле имеют только ручной возврат, осуществляемый нажатием кнопки через 1—2 мин после срабатывания.

Защитные характеристики тепловых реле различных серий (при нагреве от холодного состояния) приведены на рисунке 45.

Согласно требованиям ГОСТов, встроенное в пускатель тепловое реле, через которое в течение длительного времени проходит номинальный ток, должно сработать

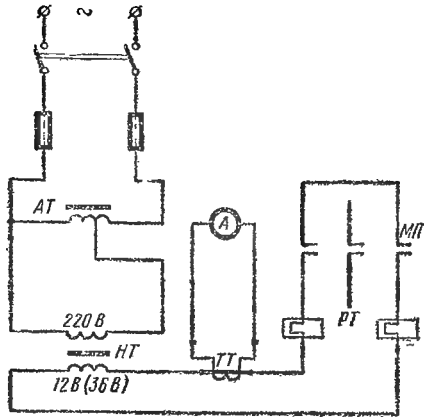


Рис. 46. Схема испытания теплового реле:

АТ — автотрансформатор; НТ — нагрузочный трансформатор; РТ — реле теплового; МП — магнитный пускатель; ТТ — трансформатор тока.

не более чем через 20 мин после наступления перегрузки 20%.

Для настройки реле под током собирают схему, приведенную на рисунке 46. Предварительно в течение 2 ч через контакты пускателя и нагревателя тепловых реле пропускают номинальный ток. Затем ток повышают до $1,2 I_{\text{н}}$ и проверяют время срабатывания реле. Если через 20 мин со времени повышения тока реле не сработает, то следу-

ет постепенным снижением уставки найти такое положение, при котором реле сработает. Затем снизить ток до номинального, дать аппарату остыть и вновь повторить опыт при токе $1,2 I_{\text{н}}$.

Если при первоначальной проверке реле сработает слишком быстро (менее чем за 10 мин), ток следует снизить до номинального, увеличить уставку и после проверки аппарата повторить опыт.

Предохранители низкого напряжения. При проверке предохранителей перед включением объекта на длительную эксплуатацию их осматривают, чистят, проверяют контактные соединения. Затем проверяют правильность выбора номинального тока плавкой вставки. Предохранители должны удовлетворять следующим условиям.

1. Должна быть справедлива зависимость

$$U_{\text{п.н}} \geq U_{\text{с}},$$

где $U_{\text{п.н}}$ — номинальное напряжение предохранителя; $U_{\text{с}}$ — напряжение сети.

2. Должна быть справедлива зависимость

$$I_{\text{пред}} \geq I_{\text{к.мах}},$$

где $I_{пред}$ — предельный ток, отключаемый предохранителем;

$I_{к.мах}$ — максимальный ток короткого замыкания в цепи, защищаемой предохранителем.

3. При установке на защищаемом присоединении магнитных пускателей

$$\frac{I_{к.мах}}{I_{в.н}} \geq 20,$$

где $I_{в.н}$ — номинальный ток плавкой вставки предохранителя.

Если нет тепловой защиты, допустимо, чтобы

$$\frac{I_{к.мах}}{I_{в.н}} \geq 10.$$

4. Ток двухфазного короткого замыкания в конце защищаемого участка в сетях с изолированной нейтралью должен быть не менее утроенного номинального тока плавкой вставки или не менее 125% тока отключения максимального расцепителя автомата. В установках с глухим заземлением нейтрали ток однофазного короткого замыкания должен быть не менее утроенного номинального тока плавкой вставки или расцепителей автомата с обратозависимой от тока характеристикой. Для автоматов, имеющих только мгновенный расцепитель, ток однофазного короткого замыкания в конце защищаемого участка должен быть больше уставки тока срабатывания расцепителя (с учетом разброса тока срабатывания) в 1,1 раза.

Проверочный расчет кратности тока короткого замыкания можно не делать, если по отношению к допустимым токовым нагрузкам защищаемого присоединения кратность защитных аппаратов не более:

300% для номинального тока плавкой вставки предохранителя;

450% для тока уставки автомата, имеющего только максимальный мгновенно действующий расцепитель;

100% для номинального тока расцепителя автомата с нерегулируемой обратозависимой от тока характеристикой (независимо от отсечки);

150% для тока трогания расцепителя автомата с регулируемой обратозависимой от тока характеристикой; кратность тока срабатывания отсечки в этом случае не ограничивается.

5. Номинальный ток плавкой вставки (расцепителя автомата) рассчитывают по формуле

$$I_{в.н} = k_n I_{н.мах},$$

где k_n — коэффициент надежности, значение которого зависит от характера нагрузки; при постоянной нагрузке $k_n = 1,1 \div 1,2$;

$I_{н.мах}$ — максимальный ток нагрузки.

Номинальные токи плавких вставок предохранителей в зависимости от типа защищаемого оборудования должны удовлетворять следующим условиям:

а) для короткозамкнутых асинхронных двигателей с легкими условиями пуска

$$I_{в.н} = \frac{k I_{д.н}}{2,5},$$

с тяжелыми условиями пуска

$$I_{в.н} = \frac{k I_{д.н}}{1,5 \div 2},$$

где k — кратность пускового тока;

$I_{д.н}$ — номинальный ток защищаемого двигателя;

б) в жилых домах, бытовых и общественных помещениях

$$I_{в.н} = 0,8 I_{доп.пр},$$

где $I_{доп.пр}$ — длительно допустимый ток защищаемых проводов;

в) в цепях вторичной коммутации (оперативного тока, измерительных трансформаторов напряжения и др.) плавкие вставки выбираются по токам короткого замыкания.

Малая длительность перегорания вставки достигается, если выполнено условие

$$\frac{I_k}{I_{в.н}} \geq 10.$$

В цепях вторичной коммутации применяются закрытые предохранители с плавкими вставками 6—10 А. Номинальный ток плавкой вставки в цепях трансформаторов напряжения должен быть на 25—30% больше тока, потребляемого цепями напряжения в аварийном режиме. При защите цепей трансформаторов напряжения авто-

матами должен быть обеспечен коэффициент чувствительности

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин}}}{I_{\text{уст}}} \geq 2,$$

где $I_{\text{уст}}$ — ток срабатывания электромагнитного расцепителя автомата.

Тепловой расцепитель должен быть выведен из работы;

г) для защиты электромагнитов включения соленоидных приводов масляных выключателей принимается номинальный ток плавкой вставки

$$I_{\text{в.н}} = (0,3 \div 0,33) I_{\text{э}},$$

где $I_{\text{э}}$ — номинальный ток электромагнита включения.

При определении номинальных токов плавких вставок предохранителей нужно учитывать селективность работы. Для селективности последовательно включенных предохранителей номинальный ток плавкой вставки предохранителя, расположенного ближе к источнику питания, должен быть по шкале номинальных токов предохранителей на одну ступень (для токов до 160 А) или на две ступени (для токов свыше 160 А) больше номинального тока вставки следующего, более удаленного от источника питания предохранителя.

§ 2. ЭКСПЛУАТАЦИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ, ПУСКОВОЙ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Одной из основных задач при эксплуатации пусковой и защитной аппаратуры является обеспечение безаварийной ее работы с тем, чтобы исключить простои производственных механизмов. Вследствие износа отдельных частей, старения материалов и неправильного режима эксплуатации пусковые аппараты или отдельные их детали портятся, разрушаются или полностью выходят из строя. Следовательно, для надежной и безаварийной работы электрооборудования необходимо своевременно выявлять различные неисправности и устранять их. Это достигается путем осмотров распределительных устройств и аппаратуры, введения системы планово-предупредительных ремонтов. Система эта предусматрива-

ет ежедневное эксплуатационное обслуживание, периодические технические уходы и ремонты, выполняемые в определенные сроки, а также профилактические испытания, проводимые в сроки, предусмотренные Правилами технической эксплуатации и заводскими инструкциями.

Своевременный осмотр РУ и квалифицированное проведение технических уходов за РУ, пусковой и защитной аппаратурой обеспечивает нормальную их эксплуатацию, способствует увеличению межремонтного периода.

При осмотре распределительных устройств (РУ) и аппаратуры до 1000 В дежурный персонал проверяет следующее:

- а) состояние помещения, исправность дверей и окон, отсутствие течи крыш, исправность отопления, вентиляции, освещения и сети заземления;
- б) наличие и исправность средств безопасности;
- в) состояние контактов ошиновки и рубильников, автоматов, пускателей;
- г) целостность пломб у счетчиков и реле защиты;
- д) состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, сколов и др.);
- е) работу сигнализации и пр.

Все неисправности, замеченные при осмотре, записывают в журнал осмотров и ремонтов.

Периодичность технических уходов определяют в основном условиями, в которых работает оборудование, и его исполнением. При определении периодичности технического обслуживания аппаратуры управления и защиты электроприводов учитывают также количество часов использования ее и сезонность. Технический уход за пусковой и защитной аппаратурой, как правило, ведет дежурный эксплуатационный персонал.

Прежде чем приступить к техническому уходу, оборудование отключают от электрической сети.

При техническом уходе за РУ, пусковой и защитной аппаратурой выполняют следующее.

1. Осматривают и чистят распределительные устройства, щиты, сборки (в зависимости от местных условий, но не реже 1 раза в 3 месяца).

2. Сняв крышку или кожух аппарата, удаляют пыль, грязь, копоть с наружных и доступных внутренних его частей, продувают их сжатым воздухом или очищают обтирочным материалом.

3. Ослабляют винты и гайки крепления аппарата подтягивают.

4. Проверяют надежность заземления металлических корпусов сборок, щитов, пусковой и защитной аппаратуры. Ослабевшие контакты разбирают, зачищают контактные поверхности, смазывают техническим вазелином и собирают.

5. Проверяют состояние контактов в месте присоединения проводов к аппаратам. Ослабевшие контакты подтягивают. Контакты, имеющие цвета побежалости, потемневшую или окислившуюся поверхность, разбирают, зачищают и собирают.

6. Убеждаются в отсутствии механических повреждений, трещин, отслоений и обугленных участков на изоляции проводов, подводящих питание к аппаратам, и проводов цепей вторичной коммутации.

Участки проводов, имеющие незначительные повреждения, изолируют полихлорвиниловой лентой.

7. Убеждаются в исправном действии аппарата при включении его вначале от руки при снятом напряжении, а затем и под напряжением.

8. Проверяют целостность уплотнений аппарата.

9. Восстанавливают надписи, указывающие принадлежность пусковой и защитной аппаратуры к электроприемнику.

Технический уход за рубильниками, пакетными выключателями и предохранителями. При техническом уходе за рубильниками необходимо проверить:

а) состояние контактных поверхностей ножей и губок. Подгоревшие и покрытые коррозией места, наплывы и брызги металла необходимо зачистить; имеющую отслоения или выгорания изоляционную панель заменить;

б) вхождение ножей в губки неподвижных контактов. Ножи должны входить одновременно, без перекосов и чрезмерных усилий. Если ножи входят неплотно, необходимо губки, потерявшие пружинность, заменить. Ослабевшие контактные пружины заменить новыми;

в) контактные соединения между выводами рубильника и подводящими кабелями; работу механизма привода. Рубильник должен включаться и отключаться без чрезмерных усилий и заеданий. При большом люфте или заедании механизма привода его необходимо отремонтировать при текущем ремонте.

Если рубильник во включенном положении находится длительное время (несколько суток), то для удаления пленки окиси, образовавшейся на ножах и губках, необходимо раз в сутки сделать 2—3 включения и отключения рубильника при снятой нагрузке.

При техническом уходе за пакетными выключателями необходимо проверить, целы ли переключающая рукоятка и кольца пакетов. Рукоятки и кольца с дефектами заменить новыми. Убедиться в отсутствии трещин и вмятин в изоляции контактных валиков.

Несколько раз включить обесточенный выключатель, убедиться в сохранности пружины мгновенного включения и целостности фиксирующих элементов.

Чтобы очистить поверхность контактов от окислов (для аппаратов, непрерывно находящихся под нагрузкой), необходимо раз в сутки выполнять 1—2 включения и выключения. Для выключателей с контактными напайками из серебра или металлокерамики это делать не требуется.

Уход за предохранителями сводится к выполнению операций, относящихся к рубильникам и переключателям. Дополнительно необходимо осмотреть патроны предохранителей. Убедиться в отсутствии трещин и сколов на корпусах патронов, а также отслоений и прогораний фибровых стенок. Если обнаружены перечисленные дефекты, предохранитель заменить новым.

Перегоревшая плавкая вставка должна быть заменена калиброванной плавкой вставкой в соответствии с расчетным током.

Технический уход за магнитными пускателями и кнопками управления. При техническом уходе за магнитными пускателями необходимо проверить:

а) состояние контактной системы (отсутствие перекосов), одновременность замыкания контактов, нет ли коррозии на пружинах главных и блокировочных контактов. Пружины, имеющие дефекты, заменить новыми заводского изготовления; крепления магнитной системы, ослабевшие винты подтянуть;

б) состояние катушки пускателя. Внешний изоляционный покров катушки должен быть без темных пятен, свидетельствующих о местных нагревах. Катушка должна быть плотно посажена на сердечник магнитопровода;

в) состояние тепловых реле. Нагревательный элемент должен соответствовать мощности защищаемого двигателя. При выгорании металла на нагревательном элементе его следует заменить новым. При проверке работы рычага возврата теплового реле убедиться в его свободном перемещении и возврате в исходное положение под действием пружины.

При техническом уходе за магнитными пускателями необходимо выполнить несколько включений пускателя вручную при отключенной питающей сети. При этом нужно проверить: одновременность замыкания главных контактов и блок-контактов, отсутствие перекосов контактной системы, легкость перемещения и отсутствие задеваний системы подвижных контактов о дугогасительные камеры.

Конечной операцией технического ухода является включение пускателя под напряжение, соблюдая требования правил техники безопасности. При этом следует проверить четкость работы пускателя при дистанционном управлении и характер шума магнитной системы. Пускатель должен четко срабатывать без заметного торможения. Магнитная система должна издавать легкий равномерный гул без дребезжания. Ненормальное гудение и вибрация магнитной системы пускателя под напряжением могут возникнуть вследствие повреждения или перекоса короткозамкнутого витка на сердечнике магнитной системы, неплотного прилегания якоря к сердечнику, перекоса катушки и снижения напряжения сети более чем на 15%.

При проверке состояния кнопок управления пускателем необходимо зачистить подгоревшие и покрытые коррозией контакты и детали, убедиться в легкости хода и отсутствии застревания толкателей кнопок, в целостности корпуса, если он металлический, проверить его заземление.

Работающие в схемах с магнитными пускателями защитные устройства типа УВТЗ-1, 30УП, РУД и др. представляют собой электронные приборы (см. главу одиннадцатую).

Технический уход за автоматическими выключателями. При этом техническом уходе необходимо проверить корпус и крышку, выполнить несколько включений выключателя при отсутствии напряжения и убедиться в Одновременности замыкания контактов при свободном

их перемещении, а также в отсутствии заеданий рычагов и кнопок управления автоматом.

Удалить с дугогасительных камер и контактов брызги металла. Подгоревшие и покрытые коррозией контакты зачистить. При сильном обгорании или износе металлокерамических накладок контактов до толщины 0,5 мм автоматический выключатель следует заменить.

Технический уход за распределительным устройством, щитами, сборками и щитками. При этом техническом уходе необходимо проверить:

а) состояние контактных соединений в местах присоединения проводов, кабелей к аппаратам. Ослабевшие контакты подтянуть;

б) наличие маркировки шин, проводов, кабелей, предохранителей, надписей на корпусе или щитке, над или под зажимами и предохранителями. На предохранителях, кроме того, должна быть надпись, указывающая номинальный ток плавкой вставки;

в) состояние изоляции после технического осмотра и чистки распределительного устройства. Сопротивление изоляции каждой секции РУ должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции измеряют мегомметром на напряжение 1000 В.

§ 3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АППАРАТУРЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Работы на распределительных щитах, сборках на участке до предохранителя нужно проводить при отключенных и заземленных шинах и оборудовании.

Участки, которые подлежат техническому уходу, должны быть ограждены и обеспечены плакатами: «Не включать, работают люди!».

Для работы под напряжением нужно иметь разрешение от вышестоящего оперативного персонала и проводить ее должны два человека с тем, чтобы при попадании одного под напряжение другой мог прийти на помощь.

При отключении щита или фидера на напряжение 380, 220 и 110 В перед началом работы необходимо повесить плакаты, проложить изолирующий материал между ножами отключенного рубильника и предупредить

старшего электрика или ответственное лицо о проведении работ на данном участке.

Работа под напряжением допускается лишь в том случае, если нельзя отключить установку по условиям технологии. При этом работу поручают опытному электрику под наблюдением инженера с обязательным соблюдением мер предосторожности (использование резиновых ковров и других изолирующих материалов).

Осмотры в распределительных щитах на напряжение до 1000 В может проводить дежурный электрик, имеющий не ниже III квалификационной группы.

При осмотре разрешается заменять лампы освещения, плавкие вставки предохранителей при снятом напряжении, ремонтировать или заменять выключатели, ремонтировать двери и замки.

Если напряжение снять невозможно, то допускается менять плавкие вставки под напряжением и под нагрузкой, предварительно убедившись в отсутствии короткого замыкания на линии. При этом работать нужно в предохранительных очках, в диэлектрических перчатках или пользоваться изолирующими клещами.

Чистить аппаратуру распределительного щита следует при снятом напряжении. В тех случаях, когда снятие напряжения сопряжено с отключением большого числа электроустановок, разрешается чистить аппаратуру под напряжением при соблюдении следующих условий: работать следует в диэлектрических перчатках, стоя на изолирующем основании с опущенными и застегнутыми рукавами одежды и в головном уборе; работу должны выполнять двое монтеров, один из которых имеет квалификационную группу не ниже III.

Контрольные вопросы

1. Какую цель преследуют пуско-наладочные испытания пусковой и защитной аппаратуры?
2. Назовите особенности наладочных работ автоматических выключателей серии АЗ100.
3. В чем заключается проверка электромагнитных элементов автоматов серии АЗ100 и АП50?
4. Каковы объем и последовательность пусконаладочных работ магнитных пускателей и контакторов?
5. Назовите характерные особенности при настройке тепловых реле серий ТРП, ТРН и РТ.
6. В чем заключается проверка предохранителей при включении нового объекта в эксплуатацию?

7. Назовите основные особенности эксплуатации пуско-защитной аппаратуры и РУ напряжением до 1000 В.
8. Перечислите общие работы, выполняемые при техническом уходе за пуско-регулирующей аппаратурой и РУ.
9. Назовите особенности технического ухода за рубильниками, пакетными выключателями и предохранителями.
10. Каковы объем и порядок выполнения технического ухода за магнитными пускателями?
11. В чем заключается технический уход за распределительными устройствами до 1000 В?
12. Перечислите основные правила безопасности при обслуживании аппаратуры управления.
13. В чем заключаются меры безопасной работы на распределительных щитах?

Лабораторная работа 11

Определение неисправностей в аппаратуре и их устранение

Цель работы. Закрепить знания по определению неисправностей в аппаратуре и приобрести навыки по устранению этих неисправностей.

Порядок выполнения работы. 1. Ознакомиться с конструкцией аппарата и изучить его характеристики.

2. Выбрать методы определения неисправностей аппарата и приборы для его испытания.

3. Собрать схему, провести испытание аппарата.

4. Дать заключение о состоянии аппарата, при необходимости устранить повреждения и неисправности, обнаруженные при испытании аппаратуры.

Пояснения к работе. При выполнении работы необходимо руководствоваться положениями, изложенными в настоящей главе, инструкциями, приложенными к аппаратам, и указаниями преподавателя.

Примечание. В качестве испытуемого выбирают аппарат, имеющийся в данной лаборатории. Методика и последовательность испытаний для всех аппаратов практически одинаковы. Отличия заключаются только в конкретных характеристиках аппаратуры.

Лабораторная работа 12

Регулировка защитной аппаратуры

Цель работы. Закрепить полученные теоретические знания по регулировке защитной аппаратуры.

Порядок выполнения работы. 1. Ознакомиться с кон-

струкцией регулируемого аппарата и его характеристиками.

2. Выбрать приборы и собрать схему испытаний прибора. Отрегулировать прибор на заданный режим работы.

3. Проверить аппарат при работе в заданном режиме.

Пояснения к работе. При выполнении работы необходимо пользоваться положениями, изложенными в настоящей главе, и рекомендациями преподавателя.

Примечание. В качестве испытуемого берут имеющийся в лаборатории аппарат, наиболее часто применяемый в сельскохозяйственном производстве. В зависимости от количества часов, отведенных на проведение лабораторных работ, отрегулировать можно не один, а несколько аппаратов. Методика испытания их одинакова, имеющиеся различия касаются только параметров аппарата.

РЕМОНТ ПУСКОВОЙ, ЗАЩИТНОЙ, РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ И РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

§ 1. ПОВРЕЖДЕНИЯ ПУСКОВОЙ И РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

В пусковой и регулирующей аппаратуре чаще всего встречаются следующие виды повреждений: чрезмерный нагрев катушек пускателей, контакторов и автоматов, межвитковые замыкания и замыкания на корпус катушек, чрезмерный нагрев контактов, большой их износ, неудовлетворительная изоляция, механические неполадки.

Перегрев катушек переменного тока происходит вследствие заклинивания якоря электромагнита в его разомкнутом положении и низкого напряжения питания катушек. В разомкнутом положении якоря катушка пускателя потребляет значительно больший ток, чем при втянутом якоре, поэтому она быстро перегревается и сгорает.

Межвитковые замыкания происходят из-за плохой намотки катушки. Особенно это сказывается, если витки, прилегающие к фланцам каркаса катушки, соскальзывают в нижние слои, вследствие чего возникают относительно большие разности напряжений, повреждающие межвитковую изоляцию.

Межвитковые замыкания происходят главным образом в катушке переменного тока, так как в ней межвитковые амплитудные напряжения больше, чем в катушке постоянного тока. К тому же катушки переменного тока подвержены усиленным сотрясениям от вибрирующего стального сердечника.

Замыкание на корпус происходит в случае неплот-

ной посадки бескаркасной катушки на стальном сердечнике. Возникающие в магнитной системе вибрации приводят к перетиранию изоляции катушки и ее отводов, вследствие чего происходит замыкание на заземленный стальной корпус аппарата.

На нагрев контактов влияют токовая нагрузка, давление на них, размеры и раствор контактов, а также условия охлаждения и окисления их поверхности, механические дефекты в контактной системе. При сильном нагреве контактов повышается температура соседних частей аппарата и, как следствие, разрушается изоляционный материал.

При неблагоприятных условиях гашения электрической дуги контакты окисляются. На соприкасающихся поверхностях контактов образуется плохо проводящий слой. Этому способствует неправильно подобранная смазка (содержащая окисляющие жиры) или обильное нанесение смазки.

Применяемые в наружных установках для смазки контактов консистентные жиры не должны содержать известкового (кальциевого) мыла, так как на холоде появляются выделения, приводящие к заеданию и другим неполадкам.

Независимо от размеров поверхности, отводящей тепло, давление на контакты должно составлять 0,25—0,3 Н/А.

Износ контактов зависит от силы тока, напряжения и продолжительности горения электрической дуги между контактами, частоты и продолжительности включений, качества и твердости материала. Установлено, что в пределах твердости 30—90° по Бринеллю интенсивность обгорания резко убывает, а при более высокой твердости снижается незначительно, поэтому упрочнять материал контактов свыше указанного предела нецелесообразно.

На степень обгорания влияют форма и размер контактов. При слишком большой ширине контактов (более 30 мм) боковая составляющая тока и магнитное поле в контакте сильно увеличиваются, электрическая дуга «вторгается» в стенку дугогасительной камеры и разрушает контакты и стенки камеры.

Неисправность изоляции проявляется в образовании на ее поверхности путей токов утечки, поэтому необходимо защищать ее от скопления грязи и пыли. Значи-

тельная часть неисправностей вызывается увлажнением изоляции и ее разрушением во время строительно-монтажных работ и транспортировки.

Механические неполадки в аппаратах возникают вследствие образования коррозии, поломок осей, пружин, подшипников и других конструктивных элементов. Износ деталей и усталостные явления вызываются плохой смазкой подвижных частей, скапливанием влаги, применением в конструкциях, работающих на удар, очень хрупких или очень мягких материалов.

§ 2. РЕМОНТ ПУСКОВОЙ И ЗАЩИТНОЙ АППАРАТУРЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Текущий ремонт рубильников и переключателей. При ремонте рубильников и переключателей выполняют следующее:

а) тщательно очищают напильником контактные поверхности ножей и губок от грязи, копоти и частиц оплавленного металла. При этом стараются снять минимальное количество металла, чтобы не уменьшить сечение контактных частей ножей и губок. При сильном оплавлении ножей или губок их заменяют новыми соответствующих профилей и размеров;

б) подтягивают все крепежные детали, обращая внимание на шарнирные соединения, являющиеся частью цепи, по которой проходит электрический ток;

в) проверяют состояние пружин ножей и пружинящих скоб контактных губок. Ослабленные пружины, не создающие в контактах требуемого давления, заменяют новыми;

г) регулируют плотность вхождения ножей в губки. Ножи должны входить в губки без ударов и перекосов, но с некоторым усилием. Контактная поверхность губки должна плотно прилегать к соответствующей поверхности ножа. Щуп толщиной 0,05 мм не должен входить в пространство между губкой и ножом на глубину более 6 мм;

д) регулируют глубину вхождения ножей в губки. У рубильника с рычажным приводом ножи при полностью включенном положении не должны доходить до контактной площадки губок на 2—4 мм. В то же время ножи всей своей контактной частью должны войти в губки. Глубину вхождения ножей в губки рубильников с

рычажным приводом регулируют увеличением или сокращением длины тяги от рукоятки к рубильнику. При регулировании добиваются одновременного входа и выхода всех ножей из губок. Разновременность выхода ножей из контактных губок не должна превышать 3 мм;

е) проверяют прочность соединения рубильника с рычагом тяги;

ж) проверяют состояние пружин искрогасительных контактов; слабые пружины заменяют новыми.

Качество ремонта и регулирования рубильников и переключателей проверяют 10—15-кратным включением и отключением.

Текущий ремонт пакетных выключателей и пусковых ящиков. При ремонте пакетных выключателей обгоревшие контакты и ослабленные пружины заменяют новыми. После длительной работы и частых отключений выключателем больших токов сильно изнашиваются (выгорают) его искрогасительные шайбы. При ремонте такие шайбы следует заменить во избежание резкого ухудшения гашения.

При сборке отремонтированного выключателя особое внимание обращают на правильность взаимного расположения подвижных и неподвижных контактов и плотность блока его пакетов. Пружина должна быть насажена на четырехгранную часть оси так, чтобы при повороте рукоятки она натягивалась, а затем с большой скоростью замыкала или размыкала контакты. Отремонтированный и полностью собранный пакетный выключатель проверяют не менее чем 10-кратным включением и отключением.

В объем работ по текущему ремонту пусковых ящиков ЯПР и ЯБПВ входит следующее:

а) осмотр контактных деталей и устранение имеющихся повреждений (обгорание, оплавление и др.);

б) проверка состояния привода и четкости его работы. Привод при включении должен полностью и без перекосов вводить ножи рубильника в контактные губки, а при отключении выводить ножи из них и создавать между ножами и губками разрыв не менее 30 мм по кратчайшему расстоянию;

в) устранение люфтов, ослабленных креплений подвижных деталей, повреждений изоляционных частей и т. п. Практика эксплуатации и ремонта пусковых ящиков показывает, что в них наиболее часто повреждаются

детали, изолирующие traversу от частей, находящихся под напряжением. Поврежденную изоляцию восстанавливают, используя изоляционные материалы, равноценные заменяемым;

г) перезарядка предохранителей и замена плавких вставок.

При проверке состояния изоляции между токоведущими и заземленными частями используют мегомметр на 1000 В. Значение сопротивления изоляции должно быть не ниже 10 МОм.

Текущий ремонт кнопок управления и предохранителей. При ремонте кнопки управления очищают поверхности контактов и мостика от пленок окислов, проверяют состояние пружин и затяжку винтов. Ослабленные пружины заменяют новыми заводского изготовления. При сборке отремонтированной кнопки управления обращают внимание на правильность взаимного расположения внутренних деталей и ее контактных поверхностей, а также на отсутствие заеданий при движении стержня и кнопки в корпусе.

При ремонте предохранителя зачищают контактные поверхности патрона и губок от копоти и частиц металла. У фибровых патронов проверяют толщину стенок и отсутствие трещин, так как при частых срабатываниях предохранителя стенки патрона выгорают, а прочность патрона снижается.

При перезарядке предохранителя плавкую вставку проверяют по току отключения предохранителя и защищаемой цепи. У предохранителей с кварцевым заполнителем полностью заменяют старый песок новым, который должен состоять из чистого сухого кварца с размером гранул 0,5—1 мм. Затем патрон устанавливают в губки предохранителя, он должен входить без перекоса и с некоторым усилием.

Текущий ремонт контакторов и магнитных пускателей. Эта аппаратура служит для дистанционного автоматического и полуавтоматического управления электродвигателями. Наиболее распространены контакторы типов КП, КПД, КТ, КТД, КМ, КНТ и пускатели ПМ, ПМЕ, ПМН и П.

Все эти контакторы и пускатели почти одинаковы по конструкции, поэтому способы их ремонта одинаковы. Целесообразно ремонтировать изолированные валы, подшипники, дугогасительные катушки, контактные болты

большого размера. Остальные детали при ремонте заменяют новыми.

Изолированные валы подлежат ремонту при износе шеек и повреждений пересохшей изоляции.

При ремонте искрогасительных камер применяют фибру, так как она меньше всего подвержена действию электрической дуги. Обгоревшие от действия дуги части искрогасительных камер заменяют, а образовавшиеся неровности на внутренней поверхности сглаживают при помощи смеси измельченного асбеста и цемента.

Сборка аппаратов несложна, но требует соблюдения технических условий и требований заводской инструкции. После сборки контакторов и пускателей на рабочем месте проверяют подвижность контактной системы, механические характеристики аппаратов, надежность изоляции катушки и контактных узлов.

Подвижные части контакторов и пускателей должны свободно без заеданий и торможения перемещаться в опорах. Гибкие соединения не должны касаться корпуса (скобы, ярма) контактора и оказывать тормозящее действие на движение якоря.

Правильность работы поворотных контактных узлов характеризуется видом касания, перекатом, раствором, провалом, начальным и конечным нажатиями контактов.

Новые главные контакты во включенном положении должны замыкаться так, чтобы соприкасалось не менее 75% их ширины. При включении подвижные контакты должны перекатываться относительно неподвижных.

В многополюсных контакторах и пускателях неодновременность касания контактов не должна превышать 0,5 мм.

Растворы, провалы и нажатия главных контактов контакторов и пускателей должны соответствовать данным, указанным в заводских инструкциях.

При небольших отклонениях размеров от указанных в инструкциях их можно подогнать подгибанием концов кронштейна и носика якоря у контакторов типа КП, подгибанием контактодержателя или поворотом его крепления относительно изоляционного вала у пускателей типа ПМ и ПМН и контакторов типа КТ.

Силу нажатия контакта проверяют при помощи динамометра при неподвижно закрепленном якоре в разомкнутом и замкнутом положении контактов.

Ремонт катушек контакторов и пускателей. Одной из наиболее повреждающихся деталей магнитного пускателя и контактора является удерживающая катушка, которая при включенном пускателе или контакторе обтекается током. Катушку, у которой изоляция вследствие длительной работы пересохла, заменяют новой. При отсутствии катушек заводского изготовления их наматывают в электромастерских.

Восстановить катушку, если есть паспорт, нетрудно. В этом случае наматывают новую катушку, число витков которой и сечение провода должны соответствовать паспортным данным. Иногда приходится перематывать катушки электромагнитов аппаратов на напряжение, отличающееся от паспортного.

Пересчитывать обмоточные данные катушки с одного напряжения на другое с достаточной точностью можно при помощи следующих формул:

$$w_2 = w_1 \frac{U_2}{U_1}, \quad d_2 = d_1 \sqrt{\frac{U_1}{U_2}},$$

где w_1 — первоначальное число витков при напряжении U_1 ;

w_2 — число витков после перемотки на напряжение U_2 ;

d_1 и d_2 — диаметр провода, соответственно до и после перемотки.

В ремонтной практике иногда приходится рассчитывать катушки заново или по известным размерам сердечника восстанавливать обмоточные данные, то есть определять число витков и диаметр провода для заданного напряжения сети.

Обмоточные данные катушки переменного тока с достаточной для практики точностью можно рассчитать по графику, приведенному на рисунке 47. На графике по горизонтальной оси отложено сечение стержня магнитопровода, а по вертикальной оси — число витков w_0 , приходящихся на один вольт рабочего напряжения:

$$w_0 = \frac{w}{U}.$$

Для расчета числа витков на один вольт рабочего напряжения катушки в зависимости от режима работы пользуются графическими Зависимостями, одна из кото-

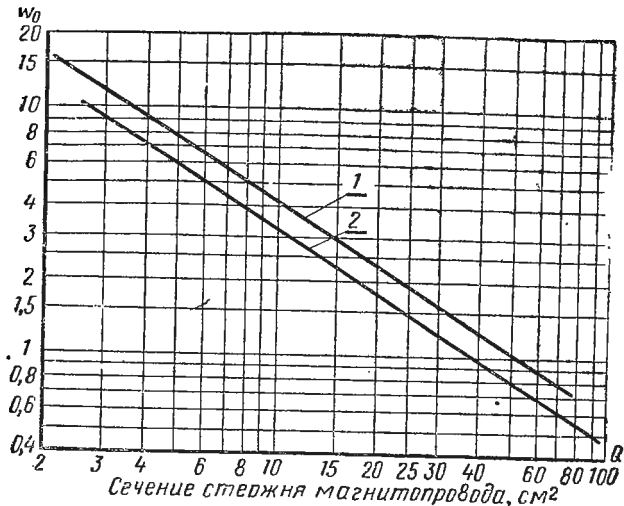


Рис. 47. График для определения числа витков катушки.

рых (1) соответствует длительному режиму работы, то есть $\text{ПВ} = 100\%$, а другая (2) — повторно-кратковременному режиму, то есть $\text{ПВ} = 40\%$.

Общее число витков катушки находят из выражения

$$w = w_0 U,$$

где U — напряжение сети, В.

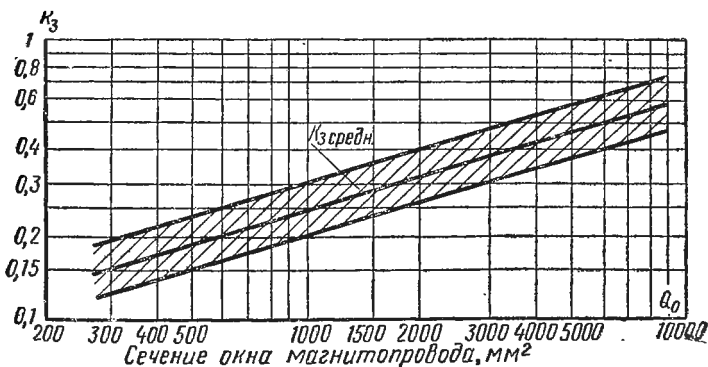


Рис. 48. График для определения коэффициента заполнения K_3 .

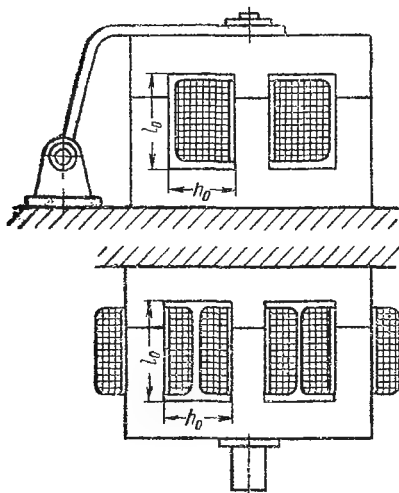
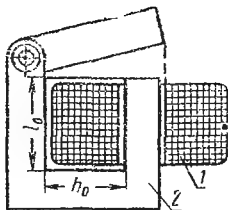


Рис. 49. Типы магнитопроводов аппаратов переменного тока:

1 — катушка; 2 — магнитопровод.

Для определения диаметра провода необходимо учитывать коэффициент заполнения K_z , который показывает отношение суммарной площади поперечного сечения изолированных проводов к площади окна магнитопровода. Он зависит от типа изоляции, формы и сечения провода и качества намотки. Коэффициент заполнения определяют по графику, приведенному на рисунке 48, в котором промежуточная зависимость является средним значением коэффициента заполнения. Вычислив площадь окна магнитопровода магнитной системы $l_0 h_0$ (рис. 49) и умножив его на коэффициент заполнения K_z , получим значение площади, занимаемой обмоткой:

$$S_{\text{обм}} = K_z l_0 h_0.$$

Зная площадь $S_{\text{обм}}$, можно определить число витков, приходящихся на 1 мм^2 этой площади,

$$w'_0 = \frac{w}{S_{\text{обм}}},$$

где w'_0 — число витков, приходящихся на 1 мм^2 площади сечения обмотки.

По найденному значению w'_0 и графикам, приведенным на рисунках 50 и 51, определяют диаметр d требуемого провода. Следует отметить, что для контакторов и магнитных пускателей чаще всего берут провода с эма-

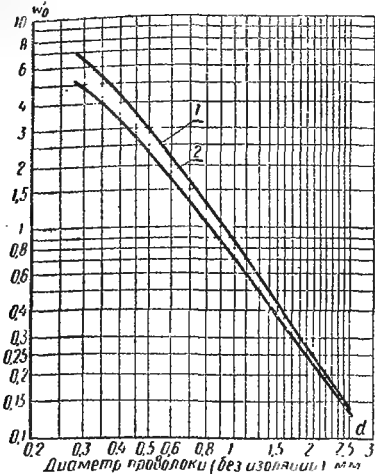


Рис. 50. График для определения диаметра обмоточных проводов марок ПЭЛБО (1) и ПБД (2).

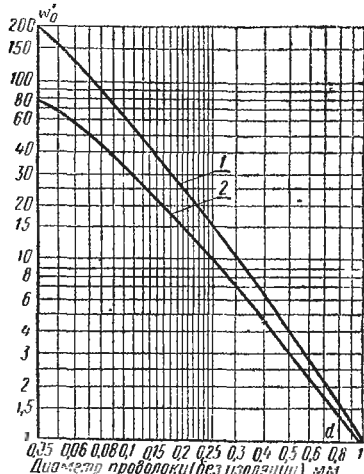


Рис. 51. График для определения диаметра обмоточных проводов марок ПЭЛ (1) и ПЭЛШО (2).

лированной изоляцией, марок ПЭЛ, ПЭЛШО, а для тормозных магнитов и контакторов с тяжелым режимом работы — провода марок ПЭЛБО, ПБД.

Ремонт реостатов. При текущем ремонте пусковых и регулировочных реостатов очищают весь аппарат от пыли и грязи, проверяют крепление реостатов, плотность всех винтовых соединений, уровень масла, состояние подвижных контактных щеток и плотность их прилегания, состояние неподвижных контактов, элементов сопротивления, защитного заземления корпуса реостата, а также измеряют сопротивление изоляции реостата относительно корпуса. Обнаруженные недостатки устраняют, зачищая обгорелые и заменяя неисправные контакты, а также регулируя действие механической части реостата.

При капитальном ремонте реостат полностью разбирают, чистят все детали, изношенные части (контакты, элементы сопротивления, пружины, болтовые соединения, изоляционные детали и др.) ремонтируют или заменяют новыми.

Элементы сторевавших сопротивлений заменяют новыми, изготовленными из того же материала (реостата, фе-

храля) и того же сечения. Для изоляции элементов сопротивления от корпуса применяют фарфор, стеатит или миканит, а выводы отдельных ступеней реостата изолируют фарфоровыми бусами или асбестовым чулком. Если реостат смонтирован на раме агрегата и подвержен вибрациям, то на всех соединениях ставят пружинные шайбы.

Неподвижные контакты регулировочного устройства очищают от окислов и оплавлений. Эти контакты устанавливают на одном уровне во избежание подгорания контактов и заедания контактных щеток.

По окончании ремонта реостат собирают, регулируют, восстанавливают все надписи на его крышке и кожухе. У масляных реостатов промывают бачок и заполняют его свежим трансформаторным маслом до уровня, отмеченного чертой на одной из его вертикальных стенок.

После ремонта реостат проверяют на отсутствие обрыва его сопротивлений и плавность хода подвижного контакта.

§ 3. СРОКИ И ОБЪЕМ РЕМОНТА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Ремонт распределительных устройств сводится к ремонту аппаратуры и оборудования (в основном ошиновки).

Капитальный ремонт аппаратов и электрооборудования распределительных устройств напряжением до 1000 В проводят в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство предприятия (колхоза, совхоза), но не реже одного раза в три года.

Текущий ремонт распределительных устройств проводят между капитальными ремонтами в сроки, установленные графиком, утвержденным ответственным за электрохозяйство, но не реже одного раза в год.

При определении объема текущего ремонта РУ напряжением до 1000 В проверяют следующее:

а) состояние контактных соединений сборных шин, наличие местных нагревов. При этом подтягивают все болтовые соединения;

б) состояние спусков от шин к аппаратам, губок ру-

бильников, предохранителей, мест подсоединения кабелей и проводов;

в) состояние разделок кабелей и их закрепление;

г) состояние трансформаторов тока и вторичных цепей;

д) состояние защитных заземлений и сетчатых ограждений.

Во время капитального ремонта распределительного устройства выполняют все операции текущего ремонта. При капитальном ремонте РУ особое внимание обращают на состояние болтовых контактных соединений. При этом проверяют следующее:

а) качество затяжки болтов и вскрывают 2—3% соединений;

б) целостность изоляторов, надежность крепления шин на изоляторах;

в) отсутствие прогибов шин, состояние их окраски и наличие зачищенных мест для наложения переносных заземлений. Согласно принятым обозначениям, фазы шин трехфазного переменного тока обозначают буквами А, В, С, буквам соответствуют номера 1, 2, 3. Шины окрашивают в такие цвета: желтый — фаза А, зеленый — фаза В и красный — фаза С.

В процессе ремонта ошиновки РУ качество подгонки плоских поверхностей в контактах проверяют при помощи щупа на 0,02—0,03 мм. В местах соединений щуп не должен проходить вглубь более чем на 5 мм от края.

Давление болтовых контактов проверяют, выполняя контрольный поджим обычным ключом с динамометром или ключом с регулируемым крутящим моментом со сменными головками.

Во время ремонта распределительного устройства окрашивают панели в светлые тона, восстанавливают надписи на панелях, ремонтируют контур заземления, замки защитных сетчатых ограждений, двери РУ, освещение и др.

Перед сдачей распределительного устройства из капитального ремонта в эксплуатацию измеряют сопротивление изоляции РУ и его элементов, а также испытывают его повышенным напряжением 1000 В промышленной частоты в течение 1 мин. Сопротивление изоляции каждой секции РУ измеряют мегомметром на напряжение 1000 В. Оно должно быть не менее 0,5 МОм.

Испытания изоляции РУ до 1000 В проводят одновременно с испытаниями электропроводок силовых и осветительных сетей, присоединенных к испытываемым распределительным устройствам.

§ 4. ПОСЛЕРЕМОНТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТУРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

При ремонте и реконструкции низковольтных электрических аппаратов, а также установке их в распределительные устройства после ремонта должны быть соблюдены приведенные в таблице 23 допустимые электрические зазоры (по воздуху) и расстояния утечки (по поверхности изоляции) между частями, находящимися под напряжением, или между ними и заземленными частями.

Отремонтированные электрические аппараты напря-

Т а б л и ц а 23

Аппарат	Допустимые электрические зазоры (по воздуху) в аппаратах напряжением до 1000 В. мм	Расстояние утечки (по изоляции), мм
Рубильник и переключатель	9	20
Контактор переменного тока	5	18
Магнитный пускатель.	5	6
Предохранитель ПР-2:		
при напряжении 220 В и силе тока 350 А	12	15
при напряжении 220 В и силе тока 600—1000 А	20	25
Предохранитель ПН-2:		
при напряжении 380 В	12	—
при напряжении 500 В	20	—
Щит распределительный	12	20

жением до 1000 В до ввода в эксплуатацию должны быть испытаны в соответствии с таблицами 18 и 19. Методика, объем и порядок проведения испытаний аналогичны приемо-сдаточным испытаниям, описанным в § 1 предыдущей главы.

§ 5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

Работы в действующих распределительных устройствах в отношении мер безопасности делятся на три категории:

- 1) работы при полном снятии напряжения с установки;
- 2) работы при частичном снятии напряжения;
- 3) работы без снятия напряжения.

При работе с полным или частичным снятием напряжения переносные заземления следует наложить со всех сторон, а если это невозможно, принять меры, препятствующие ошибочной подаче напряжения к месту работы (механический замок приводов, рубильников, автоматов, применение изоляционных прокладок и т. п.).

На всех рубильниках и автоматах, которыми может быть подано напряжение на установку, отключенную для проведения работ, необходимо вывесить плакаты: «Не включать, работают люди!».

При работе без снятия напряжения вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, должны быть выполнены мероприятия, препятствующие приближению работающих лиц к этим токоведущим частям. К числу таких мероприятий относятся:

- а) безопасное расположение работающих лиц по отношению к находящимся под напряжением токоведущим частям;
- б) организация непрерывного надзора за работающими;
- в) применение основных и дополнительных изолирующих защитных средств.

По окончании ремонта делают уборку, и ответственный за ремонт, осмотрев место работы, разрешает снять все предохранительные заземления, прокладки и плакаты. Об окончании работ ответственный сообщает оперативному дежурному и делает запись в наряде и журнале.

При текущем и капитальном ремонте на токоведущих частях, находящихся под напряжением, не выполняют никаких работ.

Контрольные вопросы

1. Перечислите виды и причины характерных повреждений пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В.
2. В чем заключается организация ремонта пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В?
3. Перечислите основные повреждения рубильников и переключателей и работы, выполняемые при текущем ремонте.
4. Назовите особенности ремонта пакетных выключателей и пусковых ящиков.
5. В чем отличие выполнения ремонта контакторов и магнитных пускателей?
6. Перечислите операции при ремонте магнитных пускателей.
7. Расскажите об особенностях ремонта катушек контакторов и пускателей.
8. Какова технология ремонта пусковых и регулировочных реостатов?
9. Назовите особенности ремонта и объем испытаний распределительных устройств напряжением до 1000 В.
10. Какую цель преследуют послеремонтные испытания аппаратуры РУ напряжением до 1000 В?

Лабораторная работа 13

Ремонт и наладка магнитных пускателей

Цель работы. Освоить способы ремонта и методику послеремонтных испытаний магнитных пускателей. Приобрести практические навыки, необходимые для проведения этих испытаний.

План работы. 1. Изучить инструкцию по эксплуатации аппарата и занести в отчет по работе техническую характеристику и принципиальную схему аппарата.

2. Проверить электрические соединения и маркировку всех внешних выводов аппарата.

3. Разобрать пускатель, выполнить все операции технического ухода. Заменить изношенные узлы аппарата. Проверить состояние механической части магнитопровода. Объем ремонта механической части определить на основании изучения дефектовочной ведомости (в отчете дать краткое описание технологии ремонта).

Проверить исправность искрогасительных перегородок. Осмотреть нагревательный элемент. При обнаружении неисправности на поверхности элемента заменить

его. Проверить состояние наружной изоляции катушки. Катушки с обуглившейся или осыпавшейся изоляцией заменить.

4. Рассчитать катушку, для которой паспортные данные не сохранились.

5. Отрегулировать магнитный пускатель, для чего необходимо сделать следующее:

а) проверить легкость хода подвижных его частей, исправность механизма включения и отключения аппарата, четкость действия механической блокировки реверсивного аппарата;

б) отрегулировать одновременность касания силовых контактов и своевременность включения блок-контактов;

в) определить значения зазоров, провалов начальных и конечных нажатий контактов. Полученные результаты занести в отчет и сравнить с допустимыми значениями этих величин;

г) проверить исправность короткозамкнутых витков магнитной системы. Снять короткозамкнутый виток со стержня и убедиться в нарушении нормальной работы электромагнита;

д) определить степень прилегания плоскостей якоря и сердечника. Убедиться в отсутствии прилипания якоря при отключении аппарата от сети;

е) измерить сопротивление изоляции аппарата относительно корпуса;

ж) измерить напряжение и токи втягивания якоря и его отпускания.

6. Проверить состояние тепловой защиты.

Пояснения к работе. При выполнении пунктов 3, 4 воспользоваться описанием в § 2 данной главы, а при выполнении пункта 5 и 6 — в § 1 девятой главы.

§ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе эксплуатации устройств автоматики особое внимание обращают на профилактические работы, предупреждающие выход из строя элементов автоматики и в значительной степени исключающие аварии. Цель этих работ заключается в следующем:

- а) добиться гарантийных уровней изоляции всех частей установок;
- б) поддерживать в исправном состоянии кабельное хозяйство, провода, электромагнитные и моторные механизмы, реле, контакты и другую аппаратуру;
- в) добиться соответствия параметров защит заданным уставкам;
- г) поддерживать в исправном состоянии и 100-процентной готовности к включению устройства резервного питания;
- д) обеспечить соответствующую надежность действия блокировок и сблокированных частей схем, сигнализации и т. п.

Перед пуском средств автоматизации установок в эксплуатацию проводят технический (внешний) осмотр, в результате которого выявляют ошибки монтажа и наладки. Техническому осмотру предшествует предварительное изучение документации на автоматизацию, актов на скрытые работы, актов и протоколов ревизий и паспортов оборудования и т. д.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ВЕРОЯТНЫЕ СЧАГИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

В системах автоматического управления (САУ) чаще всего выходят из строя пульты переключатели (ПП), датчики уровня зерна (ДУЗ и МДУ), датчик контроля скорости (РКС, РС-2м и др.), диоды, проводка вторичной коммутации пультов, особенно в случаях заниженного сечения проводов коммутации, предохранители, цепи вторичной коммутации и такое оборудование, как сбрасывающая тележка со всеми ее устройствами и механизмами, электромагнитные приводы клапанов, защитная аппаратура приводов задвижек и механизма задвижек. Менее распространены повреждения мест присоединения на клеммниках конечных и путевых выключателей, а также релейно-контактной аппаратуре.

Все неисправности в системе САУ сводятся к ограниченному числу элементарных неисправностей, которые классифицируют следующим образом:

а) обрывы цепей в кабеле, проводе, в местах присоединения (аппарат, реле, клеммник и др.) и внутри аппарата или прибора;

б) короткое замыкание между разными цепями одного напряжения, цепями разных полюсов в системе одного напряжения и полюсов разных систем напряжений, токоведущими частями и корпусом или на землю, сигнальными или рабочими контактами реле и аппаратов (ложные замыкания);

в) нарушение функции контактов (повышено переходное сопротивление контактов, переключающие контакты не дают надежного соединения, запаздывают в действии, перекрываются или замкнулись между собой);

г) неисправность электрических элементов: резисторов, конденсаторов, полупроводниковых приборов (диод, триод), катушек реле и аппаратов, сигнальных ламп и арматуры, вспомогательных электродвигателей, предназначенных для управления или регулирования, измерительных приборов;

д) неисправность механической части аппаратуры, установленной в рабочих помещениях (кнопка управления, конечный выключатель, датчик контроля скорости, исполнительный механизм и др.), аппаратуры, установленной на пульте управления (переключатель, тумблер, кнопка управления и др.), аппаратуры, установленной в

распределительных пультах (реле, автомат, магнитный пускатель).

§ 3. ОБСЛУЖИВАНИЕ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

Для предупреждения преждевременного выхода из строя элементов автоматики и содержания их в работоспособном состоянии проводят ряд профилактических мероприятий. В систему профилактических мероприятий входит следующее.

1. Текущее обслуживание и надзор за работой САУ, результаты работы фиксируются в журналах эксплуатации.

2. Периодическое обследование и испытания, выполняемые по графику. Они позволяют выявить как общее состояние САУ и его отдельных элементов, так и очаги скрытых повреждений или признаки, указывающие на возможность их появления. При этом фиксируют состояние изоляции, аппаратуры, основного оборудования и его отдельных частей, а также выявляются ненадежные элементы и оборудование или его отдельные части, которые нужно заменить. Это делают мастера-наладчики.

3. Планово-предупредительные ремонты (часто выполняемые после приведенных выше испытаний), позволяющие немедленно устранить выявленные дефекты и обеспечить исправное состояние всех элементов САУ.

При выполнении ремонтных работ бригада руководствуется протоколами испытаний и записями в журналах эксплуатации, где отмечаются неисправности, обнаруженные дежурным персоналом.

4. Профилактическая замена изношенного оборудования или его отдельных частей. Это делают в случаях, когда, по данным ремонтной бригады, такая замена требуется до истечения срока начала нового очередного ремонта. Эту работу проводит обслуживающий персонал, руководствуясь предписанием руководителя ремонтной бригады, в сроки, согласованные с постановкой запасных частей и возможностями эксплуатации. До замены изношенных частей или оборудования за ними наблюдает дежурный персонал. Изъятие ненадежных элементов оборудования в межремонтный период позволяет повысить надежность работы САУ и удлинить межремонтный период.

Профилактические мероприятия планируют на 1—

2 года. Сроки проведения отдельных видов работ определяют в зависимости от особенностей системы автоматизации и условий эксплуатации предприятия, исходя из требований действующих правил и инструкций. Необходимо строго соблюдать последовательность проведения работ в системе профилактики (табл. 24).

Таблица 24

Мероприятия	Последовательность мероприятий профилактического обслуживания систем САУ по месяцам											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Текущее обслуживание и надзор												
Периодическое обслуживание и ремонт												
Планово-предупредительные ремонты												
Проверка												

График проведения профилактических работ должен быть привязан ко времени (декады, месяцы). Нарушения предусмотренных сроков и отступления от графика рассматриваются как аварийная ситуация.

К основным элементам автоматики относятся реле, при срабатывании которых автоматически осуществляется скачкообразное изменение параметра в управляющей цепи. В автоматических устройствах используются реле различных типов, назначений и конструкций: манометрические, полупроводниковые, жидкостные, dilatометрические, биметаллические, реле давления, реле перемещения, реле времени, фотореле, реле контроля скорости, командо-аппараты, реле тока и напряжения и др.

Все реле, кроме механических, воспринимают электрические сигналы и при помощи своих контактов преобразуют их в другие электрические параметры в других электрических цепях. По конструктивным особенностям электромагнитные реле разнообразны. Однако принципиально они всегда состоят из четырех основных эле-

ментов: катушки, воспринимающей изменение электрического сигнала (вводного параметра), магнитопровода с подвижным якорем, действующим при изменении магнитного потока, конструкции, выполненной по определенной кинематической схеме для перемещения контактной системы от якоря к соответствующим контактам, и контактной системы, предназначенной для включений, отключений или переключений в электрических цепях.

Проверку реле начинают с внешнего осмотра. При этом проверяют тип реле, очищают его от смазки, пыли, прозверяют на отсутствие перекосов, заеданий. Якорь к сердечнику должен прилегать плотно, без зазоров. Контакты реле должны быть сухими и очищенными от случайной смазки.

Раствор реле должен соответствовать паспортным данным. При необходимости раствор регулируют, перемещая упорный винт, подгибая нижнюю скобку или подклеивая шайбы под основание неподвижных контактов.

Изоляцию реле проверяют мегомметром напряжением 1000 В. Исправное реле имеет сопротивление изоляции не ниже 10 МОм. Если сопротивление изоляции уменьшено, реле тщательно очищают и просушивают при температуре не выше 80°С. Измерение сопротивления катушек реле на постоянном токе позволяет выявить витковые замыкания. Измерения проводят при помощи мостов сопротивления класса 0,1÷0,5. Расхождение полученных данных с паспортными не должно превышать $\pm 10\%$.

Для регулирования тока или напряжения срабатывания и отпускания реле изменяют натяжение возвратной пружины, толщину немагнитной прокладки якоря.

Чтобы получить большое значение коэффициента возврата, следует при ослабленной натяжной пружине изменить зазор между якорем и сердечником реле. Иногда приходится уменьшать раствор контактов, при этом несколько снижается их коммутационная способность. После регулировки все элементы фиксируют и покрывают краской.

Выдержку времени реле регулируют путем изменения толщины немагнитной прокладки и натяжения пружины. При увеличении толщины прокладки выдержка времени уменьшается. Толщина стандартных прокладок колеблется от 0,05 до 0,3 мм.

Выдержку времени на отпускание регулируют путем подключения параллельно катушке добавочного резистора.

Иногда с целью замедления работы реле параллельно его обмотке ставят конденсатор. Продолжительность задержки можно изменять подбором емкости конденсатора и сопротивления резистора. Практически можно создать время замедления до нескольких секунд. Иногда для замедления времени отпускания реле параллельно обмотке реле ставят диод так, чтобы он не пропускал ток от источника питания реле. При замыкании реле диод не пропускает тока, так как он шунтирован обмоткой реле, при размыкании ток проходит через диод и катушку, притягивая на некоторое время якорь.

Надежная работа реле в схемах автоматики возможна лишь при исправной контактной системе. Надежность же контактной системы обеспечивается чистотой поверхности контактов, сохранением их формы и регулировкой контактного давления.

До включения реле его контакты очищают и протирают деревянной лопаткой, смоченной в спирте, а затем протирают чистой фланелью.

В условиях нормальной работы контакты протирают 1—2 раза в месяц, в особо пыльных помещениях — 3 раза в месяц. Подгоревшие контакты подправляют надфилем.

Для искрогашения и увеличения срока службы контактов параллельно им подключают последовательно соединенные конденсатор C и резистор R . Обычно $R = 50 \div 100$ Ом, $C = 0,1 \div 1$ мкФ. Оплавление или частичное подгорание контактов свидетельствует о неисправности их цепи. При этом необходимо тщательно и всесторонне проверить каждый элемент цепи и, если это нужно, заменить поврежденные элементы. Кроме того, следует осмотреть соседние контакты, так как расплавленный металл оплавленных контактов может попасть на контакты исправной цепи.

Датчиками называются устройства, преобразующие параметры контролируемой или регулируемой величины в параметр другого вида, более удобный для воздействия на управляющий орган системы автоматики. Обычно датчики преобразуют неэлектрические контролируемые величины в электрические. В сельском хозяйстве широкое применение нашли датчики наличия продукции,

уровня, вращательного движения, скорости, углового перемещения, влажности, температуры и др.

Эксплуатация датчиков уровня мембранного типа заключается в проверке изоляции токоведущих цепей при помощи мегомметра и испытании изоляции повышенным напряжением. В датчиках уровня типа МДУ-3 встречаются чаще всего следующие неисправности. Прорезиненная мембрана при пониженной температуре теряет свои эластичные свойства и датчик перестает работать. Вследствие коррозии стального штифта микровыключателя или соскакивания его рычага с центра нарушается работа микровыключателя и между вводами микровыключателя нередко пробой изоляции.

При дефектации датчиков типа МДУ-3 отворачивают крышку переключателя, к клеммам датчика присоединяют концы пробника и, периодически нажимая на мембрану, убеждаются в исправности контактов и цепи микровыключателя по загоранию лампочки и отклонению стрелки прибора.

При помощи винта 7, расположенного на микровыключателе (рис. 52), можно изменять чувствительность датчика в пределах давления от 35 до 0,70 Н. Этот винт увеличивает или уменьшает ход рычага микровыключа-

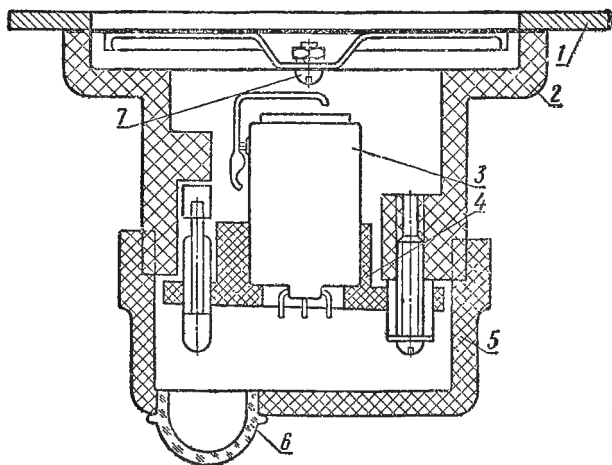


Рис. 52. Продольный разрез датчика МДУ-3 и МДУ-3с:

1 — пластина; 2 — корпус; 3 — микровыключатель; 4 — внутренний корпус; 5 — крышка; 6 — колпачок сигнальной лампы; 7 — регулировочный винт.

теля, регулируя необходимое для срабатывания датчика давление.

Существующие электронные сигнализаторы уровня типа МЭСУ-1в часто перестают работать из-за выхода из строя или потери эмиссии лампы 6Н16Б. В этом случае необходимо заменить лампу и настроить прибор согласно инструкции. Такая же неисправность может возникнуть и в датчике ДЕ-1, имеющем лампу 6Н1П.

При эксплуатации датчиков контроля перемещения реостатного типа чаще всего выходят из строя обмотки реостатов или нарушается контакт ползунка с реостатом. При дефектации таких датчиков проверяют целостность цепи реостата и контактного устройства. В каждом конкретном случае обслуживание датчиков проводят в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией.

В автоматических системах широко применяются полупроводниковые диоды и бесконтактные логические транзисторные элементы.

Основной недостаток германиевых диодов заключается в том, что они чувствительны к нагреву. Предельной температурой работающего диода следует считать 50—70°, после чего происходит разрушение германиевого $p-n$ перехода. В настоящее время наметилась тенденция к замене в схемах САУ германиевых диодов кремниевыми, как более стойкими к повышенным температурам. Кремниевые диоды выдерживают нагрев до 100°С.

Обслуживание диодов начинается с проверки их перед включением. В каждой партии могут оказаться дефектные диоды, которые необходимо выявить перед монтажом и наладкой. Основные дефекты: перегорание $p-n$ перехода и как следствие внутренний обрыв, короткое замыкание, непостоянное «плывущее» обратное сопротивление.

Диоды проверяют при помощи омметра или других приборов с омической шкалой, например приборы Ц-315, Ц-20 с классом точности не ниже 1,5.

Схема проверки диодов показана на рисунке 53. Диоды проверяют, измеряя их прямое и обратное сопротивление.

У плоскостных диодов значение прямого сопротивления составляет 20—50 Ом. Следует иметь в виду, что из-за нелинейности вольт-амперной характеристики диодов результаты измерений зависят от способа измерения.

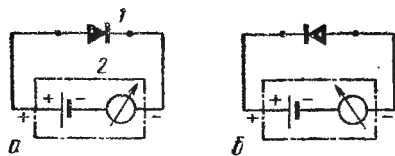


Рис. 53. Схемы проверки диодов:

a — измерение прямого сопротивления;
б — измерение обратного сопротивления; 1 — испытуемый диод; 2 — омметр.

Однако такая проверка диодов не может считаться достаточной для полупроводниковых приборов, применяемых в цепях переменного тока 220 В и выше и в некоторых выпрямительных схемах. В этом случае следует провести дополни-

тельно испытание диодов на пробой в запирающем слое *p-n*. Диод включают на наибольшее нормируемое техническими условиями обратное напряжение и нагружают током, рекомендуемым техническими условиями (ТУ).

Для испытания диодов можно применять не сглаженное фильтрами синусоидальное напряжение. Но в этом случае приложенное обратное напряжение не должно превышать рекомендованной ТУ величины.

Германиевые диоды серии Д7Г или Д7Ж выпрямляют ток до 300 мА и выдерживают обратное напряжение порядка 300—400 В, что позволяет считать их пригодными для использования в различных схемах автоматики.

Однако эксплуатация диодов имеет некоторые особенности. Несоблюдение этих особенностей сводит к минимуму преимущества диодов и приводит часто к необоснованным нареканиям по поводу недостаточной их надежности.

Анализ работы полупроводниковых диодов позволяет сделать выводы относительно причин выхода их из строя. Эти причины таковы:

а) диоды перед монтажом не проверялись или проверялись недостаточно тщательно;

б) при выборе типа диодов для работы в цепях переменного тока не учитывались процессы неустойчивых режимов в системах. Известно, что диоды очень чувствительны к электрическим перегрузкам, приводящим к выходу приборов из строя. Пробивное напряжение, а следовательно, и наибольшая амплитуда обратного напряжения зависят от температуры. С увеличением температуры пробивное напряжение падает;

в) диоды для работы в цепях, имеющих индуктивность (катушка магнитных пускателей и реле), выбира-

лись без надлежащего учета бросков тока при включении и выключении такой цепи и продолжительности переходных процессов в ней;

г) не учитывалось, что работа диодов в цепях переменного тока осложняется вероятностью накладок мгновенных значений отдельных составляющих напряжений и тока (индуктивного, активного, емкостного). Таким образом, результирующие импульсы могут достигать величин, способных пробить диод.

Монтаж диодов при помощи пайки нередко приводит к перегреву диода или излому выводного конца стеклянного изолятора, что также может быть причиной вывода его из строя.

Иногда для повышения допустимого обратного напряжения осуществляют последовательное соединение диодов. При этом обязательно шунтируют каждый диод сопротивлением порядка 100 кОм на каждые 100 В напряжения с тем, чтобы на диодах было примерно одинаковое напряжение. Шунтирующие резисторы устанавливаются из-за больших разбросов параметров обратных сопротивлений диодов.

Надежность работы диода можно значительно повысить, если его зашунтировать демпфирующим резистором мощностью 2 Вт и сопротивлением $10\text{—}30\text{ кОм}$. Этот резистор будет сглаживать большие броски тока, возникающие в момент включения и отключения аппаратуры. Но применение такой цепочки в схеме требует предварительного расчета.

Правильный монтаж диода — неременное условие его работоспособности. Вместо пайки диодов лучше применять монтажные платы с зажимами.

При пайке германиевых диодов необходимо соблюдать меры предосторожности против их перегрева. При нагреве выше $50\text{—}70^\circ\text{C}$ диод разрушается, поэтому при пайке нужно пользоваться припоем с наименьшей температурой плавления (сплав Вуда и др.), паять только электрическим паяльником и быстро (в течение не более 2 с), обязательно применять при этом теплоотводы (например, пинцет). Припаивать диоды разрешается на расстоянии не менее $10\text{—}12\text{ мм}$ от корпуса. Нельзя располагать диоды вблизи нагревательных приборов и в плохо охлаждаемых местах.

Для эффективного применения полупроводниковых диодов необходимо выбирать диоды, отвечающие элек-

трическим характеристикам схемы по расчету, с запасом прочности и учетом переходных режимов, рода тока и др. Диоды должны работать в режимах допустимых значений по току и напряжению. В отдельных случаях рекомендуется переходить на более низкое рабочее напряжение и предусматривать защиту диодов по току. Перед монтажом надо тщательно проверить диоды и монтировать их, строго соблюдая ТУ.

При применении диодов в схемах САУ на постоянном токе необходимо соблюдать полярность поданного напряжения.

При наладке схемы с диодами прежде всего следует проверять их полярность.

Автоматической системе на релейно-контакторной аппаратуре присущи следующие недостатки: наличие подвижных частей, окисление контактов, малая удароустойчивость, ограниченное число срабатываний.

Кроме того, системы на релейно-контакторной аппаратуре требуют более частого периодического ухода. А чем сложнее система САУ, тем больше в ней реле и контактов, тем, следовательно, большая вероятность сбоя в работе и нарушения технологического процесса.

Этих недостатков лишены бесконтактные логические элементы. Основное качество логических элементов, определяющее их надежность, — практическая независимость срока службы от числа срабатываний, долговечность, высокая ремонтпригодность и простота обслуживания.

Применение в подобных схемах бесконтактных датчиков еще более увеличивает надежность и эффективность САУ, сводя до минимума профилактические работы.

§ 4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТАНОВОК

При эксплуатации средств автоматизации установок должна быть обеспечена полная безопасность обслуживающего персонала. Знание «Правил техники безопасности» — обязательны для всех лиц, связанных с эксплуатацией средств автоматизации.

При эксплуатации автоматических систем и установок должны учитываться все общие положения техники безопасности и особенности по эксплуатации автомати-

ческих устройств. Так как автоматизированные установки работают без участия человека, для них характерны также и относительно длинные и разветвленные соединительные сети, связывающие многочисленные элементы средств контроля и управления. Поэтому наряду с обязательным выполнением всех необходимых требований по технике безопасности должны быть предъявлены особые требования к защитным ограждениям.

1. Все металлические части должны быть присоединены к нулевому проводу, соединенному с контуром заземления.

2. Пуску автоматизированной установки должен обязательно предшествовать предупредительный звуковой и световой сигналы.

3. Каждый автоматизированный объект колхоза, совхоза должен быть укомплектован средствами защиты — резиновыми перчатками, ковриками, индикаторами напряжения, предупредительными плакатами.

4. При проведении наладочных и ремонтных работ неизбежны некоторые пересоединения в схемах. Такие временные пересоединения выполняют гибким проводом марки ПРГ различной расцветки. Провода должны иметь сопротивление изоляции не менее 30—50 МОм.

5. Всякие перемиčky временного характера нужно выполнять надежно, хорошо проверенными проводами без скруток.

6. Присоединять провода к корпусам электрических машин и аппаратов необходимо только при помощи болтов.

При скрытой проводке все стыки труб должны быть сварены.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы входят в средства автоматизации?
2. Перечислите основные вероятные очаги неисправностей в схемах автоматики.
3. Дайте классификацию неисправностей элементов автоматики.
4. Перечислите профилактические мероприятия, проводимые для элементов автоматики.
5. Составьте возможные схемы изменения времени задержки реле на отпускание.
6. Перечислите причины выхода из строя полупроводниковых диодов.
7. Каковы особенности техники безопасности при работах, связанных с автоматикой?

Электромагнитные элементы автоматики

Цель работы. Изучить принципы работы и конструкции различных типов электромагнитных реле.

План работы. 1. Определить важнейшие параметры электромагнитного поляризованного реле.

2. Ознакомиться с некоторыми схемными способами замедления срабатывания и отпускания электромагнитного реле постоянного тока.

3. Проверить работу одной из релейно-контактных схем.

Порядок выполнения работы. Ознакомиться с конструктивным исполнением и техническими характеристиками установленных на стенде реле.

Снять статическую характеристику поляризованного реле РП-5. Испытываемое реле включить в схему, изображенную на рисунке 54. Переключатель полярности Π_1 находится в положении I . Плавно увеличивая и уменьшая напряжение на обмотке реле потенциометром, по загоранию и потуханию сигнальной лампы $\mathcal{L}_1$ определить токи срабатывания и отпускания реле. Для изменения направления тока в обмотке реле переключатель следует установить в положение II и по загоранию и потуханию сигнальной лампы $\mathcal{L}_2$ определить токи срабатывания и отпускания при обратной полярности тока в обмотке реле. Каждый замер выполнить по 3 раза. В отчете привести среднее значение токов. Зная токи срабатывания,

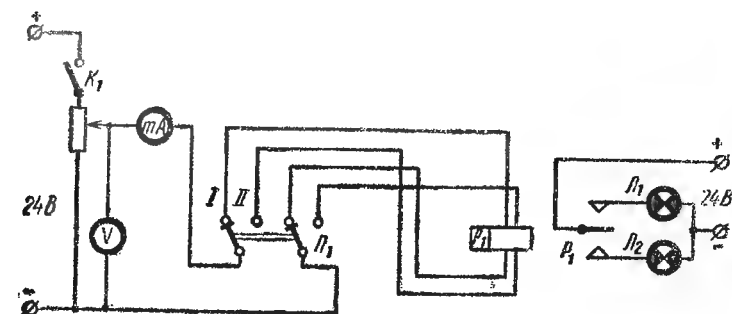


Рис. 54. Схема испытания поляризованного реле:

Π_1 — переключатель полярности; P_1 — испытуемое реле; $\mathcal{L}_1$ и $\mathcal{L}_2$ — сигнальные лампы.

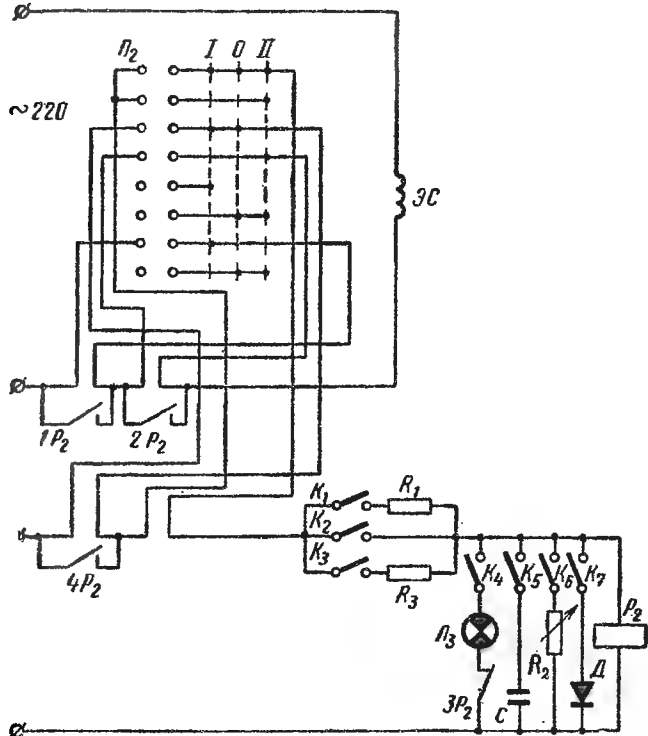


Рис. 55. Схема измерения замедления срабатывания и отпускания электромагнитного реле постоянного тока.

отпускания реле и напряжение питания, построить статическую характеристику реле и определить коэффициент его возврата.

Исследовать простейшие схемные методы замедления срабатывания и отпускания реле P_2 типа РПН по схеме, приведенной на рисунке 55. При проведении исследований замедления срабатывания переключатель P_2 следует установить в положение I , а при исследовании замедления отпускания — в положение II . Выдержки времени при срабатывании и отпускании реле подсчитывают по показаниям электрического секундомера ЭС типа ПВ-53Щ.

Следует рассмотреть четыре метода замедления.

1. Для замедления срабатывания реле P_2 (рис. 55) включить лампу накаливания L_3 параллельно обмотке

реле и добавочный резистор R_1 последовательно с источником тока. В этом случае ключи K_4 и K_1 должны быть замкнуты, а остальные разомкнуты. Возможную выдержку времени срабатывания реле определить при различных значениях резистора R_1 . Чтобы реле P_2 отпустило контакты, переключатель следует из положения I перевести в нулевое положение.

2. Для замедления срабатывания реле P_2 при помощи конденсатора C необходимо разомкнуть ключи K_1 , K_2 , K_4 , K_6 , K_7 , а ключи K_3 и K_5 замкнуть. Подбирая различные емкости C и значения резистора R_3 , можно получить различные продолжительности времени срабатывания реле P_2 .

3. Для замедления отпускания реле P_2 путем параллельного подключения к его обмотке сопротивления следует отключить ключи K_3 , K_1 , K_4 , K_5 и K_7 , а ключи K_2 и K_6 — замкнуть. При этом резистор R_2 оказывается включенным параллельно обмотке реле, что приводит к замедлению отпускания реле, которое требуется определить в работе.

4. Для замедления отпускания реле P_2 путем подключения параллельно его обмотке полупроводникового диода D необходимо включить только ключи K_2 и K_7 . Определить, как влияет включение диода на выдержку времени при отпускании реле.

Ознакомиться с работой схемы, приведенной на рисунке 55.

В отчете должны быть представлены принципиальные схемы экспериментальных установок с техническими характеристиками используемых электромагнитных элементов автоматики, статическая характеристика поляризованного реле, результаты сравнения различных схемных способов замедления тока с выявлением сущности каждого способа замедления, описание работы приведенной схемы.

§ 1. ВНУТРЕННИЕ ПРОВОДКИ

Перед сдачей в эксплуатацию вновь смонтированной или капитально отремонтированной электропроводки необходимо проверить правильность и качество выполнения электромонтажных работ.

Все групповые и индивидуальные отключающие устройства должны иметь надписи, в которых указано наименование присоединения, максимально допустимая уставка тока расцепителя или плавкой вставки.

При осмотре пусковой и защитной аппаратуры следует обращать внимание на соответствие плавкой вставки или уставки автоматов току нагрузки, правильность выбора нагревательных элементов магнитных пускателей. Сечение проводников должно соответствовать мощности потребителя. Электропроводка должна быть хорошо закреплена и не иметь провисаний.

Провода и кабели следует защищать в местах, где они могут подвергаться механическим, тепловым и другим воздействиям. При прокладке проводов в трубах следует обращать внимание на надежность соединения проводов, качество труб и их соединений, наличие оконцевателей, качество выполнения защитного заземления. Кабельные воронки должны быть прочно закреплены и заземлены, как и оболочка кабелей.

При приемке в эксплуатацию силовых и осветительных проводов измеряют сопротивление изоляции мегомметром на напряжение 500—1000 В (для установок до 1000 В). Измерения проводят при отключенных токопри-

механика, а в осветительных сетях — без ламп. Сопротивление изоляции электропроводки должно быть не менее 0,5 МОм. Трубы, в которых прокладывают проводку во взрывоопасных помещениях, дополнительно испытывают на плотность.

В процессе эксплуатации электропроводок периодически проверяют их техническое состояние. Периодичность проведения технических уходов за проводками в помещениях с нормальной средой согласно системе ППРЭСх составляет 6 месяцев, а в помещениях сырых, особо сырых, пыльных и пожароопасных — 3 месяца.

При осмотре силовых сетей обращают внимание на состояние изоляции проводов, прочность закрепления проводки и конструкций, надежность контактных соединений и заземления. Проверяют состояние кабельных воронок, отсутствие течи, наличие бирок. При необходимости восстанавливают окраску щитов и труб, а также надписи. Кроме осмотров, периодически измеряют сопротивление изоляции проводов, контролируют нагрузку по фазам и качество напряжения в нескольких точках сети.

При осмотрах осветительных сетей, кроме перечисленных операций, очищают все элементы светильников от пыли и грязи. В помещениях с большим выделением пыли и копоти (мельницы, кузницы и др.) светильники чистят не реже четырех раз в месяц, в помещениях со средним выделением пыли (древообделочные цеха, птичники и др.) — не реже трех раз в месяц, в помещениях с малым выделением пыли (механические мастерские, животноводческие помещения и т. д.) — не реже двух раз в месяц, светильники наружного освещения — не реже трех раз в год.

Во время осмотра осветительной сети проверяют надежность крепления и целостность деталей арматуры, при необходимости подкрашивают металлические части. Осветительную арматуру используют только с лампами той мощности, на которую она рассчитана.

Ремонт внутренних проводок заключается в основном в восстановлении поврежденной изоляции проводов, замене неисправной арматуры, светильников, штепсельных розеток и т. д.

В период эксплуатации контролируют состояние изоляции проводов и проводят фотометрические измерения освещенности. Кроме того, периодически проверяют работу аварийного освещения.

К электронагревательным установкам, использующимся в сельском хозяйстве, относятся: электрические водонагреватели, электрокалориферы, установки индукционного подогрева полов, электроковрики для подогрева телят и поросят и т. п.

К основным неисправностям электронагревательных установок относятся разрушение контактных соединений и обрывы цепей вследствие перегорания спиралей. Следует иметь в виду, что на срок службы спиралей нагревателей влияет режим их работы. Длительный режим работы нагревателя обеспечивает более продолжительный срок службы, нежели кратковременный. Устранить эти неисправности нетрудно, но нужна особая тщательность в зачистке спиралей и проводов в местах контактов.

Второй вид неисправностей в электронагревательных установках — замыкание цепей на корпус. В качестве изоляции между электрическими цепями и корпусом чаще всего используют асбест и слюду. Замыкание цепи на корпус, как и ее обрыв, проверяют при помощи лампы или мегомметра. После устранения повреждения еще раз проверяют целостность цепей, степень нагрева контактных поверхностей и отсутствие замыкания на корпус.

В соответствии с правилами техники безопасности ряд нагревательных установок переводят на электропитание от источника пониженного напряжения. Например, установки подогрева полов иногда питаются от сети 50 В.

Электрические водонагреватели и электрокотлы изготовляют в соответствии с ГОСТ или официально утвержденными техническими условиями. Применять самодельные водонагреватели не допускается. Они должны быть изготовлены только в трехфазном исполнении. Допускается применять однофазные элементные водонагреватели проточного типа, мощностью до 1 кВт.

Проводку к водонагревателям прокладывают в трубах. Наружные металлические части, трубы, пусковую и защитную аппаратуру заземляют.

Эксплуатация и ремонт водонагревательных установок сводится в основном к очистке их от пыли и грязи и замене перегоревших нагревательных элементов. Необходимо учитывать некоторые особенности эксплуатации электропроводящих котлов. Нагрев воды в котлах мо-

жет быть элементарным или электродным. Ремонт первых заключается в простой замене перегоревших элементов новыми. При обслуживании котлов необходимо, чтобы элементы располагались внизу котла и всегда были залиты водой. При отсутствии воды элементы сразу перегорают. Кроме того, необходимо следить за герметичностью элементов, так как ее нарушение приводит к попаданию воды на спираль элемента и, следовательно, вода и корпус котла оказываются под напряжением. Корпус котла обязательно нужно заземлять.

В электронагревателях проточного типа необходимо следить и за проточностью воды через котел или иметь автоматическое регулирование температуры воды в котле, обеспечивающее его отключение при превышении температуры выше допустимой и прекращении проточности воды. Прекращение проточности воды и перегрев ее может привести к разрушению («взрыву») котла.

В электродных котлах при высокой засоленности воды на электродах может образовываться накипь. В этом случае нормальная работа котла нарушается. При отключении одной из фаз питание котла с электродным обогревом вносит несимметрию нагрузки, что вызывает перекос напряжения питающей сети и появление опасного напряжения прикосновения на корпусе котла. В котлах необходима защита от перегрева воды.

Из электрических калориферов в настоящее время наиболее широкое распространение получили калориферы типа СФО. Их применяют в системах вентиляции, отопления, в сушильных установках и установках искусственного климата.

В период эксплуатации необходимо периодически осматривать установки, очищать их от пыли и грязи, проверять работу схемы контроля температуры, надежность заземления. Электрокалориферы должны иметь блокирующее устройство, исключающее возможность включения нагревательных элементов при неработающем двигателе вентилятора. Ремонт электрокалориферов заключается в устранении неисправностей электродвигателя вентилятора и замене перегоревших нагревателей.

Электрические печи сопротивления ежедневно подвергаются осмотрам. При этом очищают печи от пыли и грязи, обращая внимание на состояние отдельных частей печи и смазки механизмов. Неисправные нагревательные

элементы заменяют. К печам прилагается запас нагревателей (не менее одного каждого типа).

При эксплуатации электропечей большое значение имеют вопросы экономии электроэнергии. Цикл работы печи строится так, чтобы потери энергии были наименьшими. Внедрение механизации и автоматизации в работе печей в значительной степени способствует экономии электроэнергии.

§ 3. ОБЛУЧАЮЩИЕ УСТАНОВКИ

В процессе эксплуатации облучающих установок происходит уменьшение потока излучения за счет старения источников, уменьшения к. п. д. облучателей, загрязнения стен, потолка и т. д. Снижение потока излучения, а следовательно, и освещенности учитывается при расчете установок введением коэффициента запаса. Однако компенсация снижения освещенности при помощи коэффициента запаса в значительной степени зависит от условий эксплуатации установки. При эксплуатации нужно периодически очищать облучатели и светильники от пыли и грязи (периодичность чистки ламп и отражателей приведена в § 1).

Необходимо своевременно заменять лампы в установках, так как в противном случае существенно ухудшается качество и эффективность облучения. Не следует допускать работу установок без рассеивателей или отражателей, это приводит к ухудшению равномерности облучения, а также произвольно изменять высоту подвеса облучателей.

В процессе эксплуатации нужно следить за качеством напряжения питающей сети. При эксплуатации установок с газоразрядными лампами нужно помнить, что на надежность их зажигания существенное влияние оказывает окружающая среда. Оптимальными параметрами среды являются температура $+20—+30^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность не более 60%. Люминесцентные, эритемные и бактерицидные лампы после длительного хранения требуют более высокого напряжения для первого зажигания, чем периодически работающей.

Ремонт облучающих установок заключается в смене перегоревших ламп и устранении неисправностей в схемах. Для проверки газоразрядных ламп и деталей схемы в хозяйствах должны быть специальные стенды.

§ 4. СВАРОЧНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ И ТРАНСФОРМАТОРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Сварочные трансформаторы. К основным неисправностям сварочных трансформаторов при эксплуатации относятся: витковое замыкание в первичной или вторичной обмотке, нарушение работы регулятора, ослабление контактных соединений, разрушение межлистовой изоляции сердечника и стяжных шпилек.

Витковое замыкание сопровождается сильным гудением и нагревом обмоток. Для устранения повреждения обмотки перематывают. Если регулятор при сварке ненормально гудит, проверяют исправность привода, ослабившие и окислившиеся контакты разбирают, зачищают, смазывают техническим вазелином, собирают и затягивают. Разрушение межлистовой изоляции сердечника и шпилек сопровождается сильным нагревом сердечника. В этом случае разбирают трансформатор и восстанавливают изоляцию. Стяжные шпильки изолируют бакелизированной бумагой. Поврежденные листы железа тщательно очищают от излишков старого лака, коррозии и грязи и изолируют масляными лаками горячей сушки.

Уход за сварочными трансформаторами заключается в периодической очистке от пыли и грязи, проверке состояния контактных соединений и заземляющих проводников, смазке привода регулятора и контроле сопротивления изоляции. Сопротивление изоляции обмоток должно быть не менее 0,5 МОм.

При текущем ремонте трансформатор разбирают и выполняют все операции технического ухода. Затем проверяют работу регулятора сварочного тока и измеряют сопротивление изоляции обмоток. При снижении значения сопротивления изоляции ниже допустимого обмотку подсушивают. После этого собирают трансформатор, красят его кожух, восстанавливают надписи и обозначения, устанавливают трансформатор на рабочее место, проверяют его работу на холостом ходу и под нагрузкой.

Текущие ремонты сварочных трансформаторов, работающих на открытом воздухе, проводят каждые 6 месяцев. Периодичность технических уходов (осмотров) за трансформаторами, работающими в помещениях, составляет 15 дней, а за трансформаторами, работающими на открытом воздухе, — 7 дней.

Трансформаторы безопасности рассчитаны на получение безопасного для обслуживающего персонала напряжения 36—12 В. Эти трансформаторы достаточно надежны, но стремление уменьшить их габарит и массу привело к тому, что они имеют довольно высокий уровень электромагнитных нагрузок. Вследствие этого трансформаторы имеют значительную температуру нагрева, особенно при нагрузках, что разрушает изоляцию обмоток.

Поэтому в процессе эксплуатации необходимо постоянно следить за степенью нагрева трансформаторов, прибегая даже к их отключению. Кроме того, в трансформаторах безопасности могут возникнуть те же повреждения, что возникают в силовых трансформаторах: обрывы в цепях обмоток, замыкания между обмотками или между ними и корпусом и замыкания витков обмотки между собой. Методы определения этих повреждений и их устранения описаны в главе шестой. С целью безопасности один из выводных концов вторичной обмотки сварочных трансформаторов и трансформаторов безопасности следует заземлить.

§ 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ

В настоящее время на электромонтажных работах, а также при эксплуатации широко применяется электрифицированный инструмент. При использовании ручного электрического инструмента с напряжением 220 В необходимо надевать диэлектрические перчатки или иметь под ногами резиновый коврик. Корпус инструмента должен быть заземлен.

С точки зрения безопасности наиболее целесообразно использовать электрифицированный инструмент на напряжение 36 В повышенной частоты. Однако в этом случае требуется дополнительное оборудование: понижающий трансформатор и преобразователь частоты. В настоящее время наша промышленность осваивает выпуск электроинструмента с двойной изоляцией и рабочим напряжением 220 В. При работе с этим инструментом не требуется применения диэлектрических перчаток, ковриков и специального заземления. Этим инструментом можно пользоваться во всех производственных помещениях (кроме помещений с химически активной средой), на открытых площадках с различными видами полов, а также на металлоконструкциях.

Для привода электрифицированного инструмента применяются специальные однофазные коллекторные двигатели, трехфазные асинхронные короткозамкнутые двигатели общепромышленной и повышенной частоты. Поэтому эксплуатация и ремонт электроинструмента сводятся в основном к обслуживанию и ремонту этих электродвигателей. Кроме этого, необходимо ежедневно осматривать состояние подводящего кабеля и заземляющего провода. Не реже 1 раза в 3 месяца нужно контролировать сопротивление изоляции инструмента. Значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

Электроинструмент рассчитан на повторно-кратковременный режим работы. При длительной работе электродвигатели нагреваются и могут выйти из строя. Поэтому в процессе эксплуатации необходимо следить за степенью их нагрева. Кроме того, следует периодически осматривать двигатель, особенно коллектор и щеточный аппарат, своевременно продоразивать коллектор, протачивать его, изолировать. Все это обеспечит длительную работу электроинструмента без повреждений. При эксплуатации электроинструмента особое внимание необходимо обращать на технику безопасности. Корпус электроинструмента должен быть обязательно занулен или заземлен. Кроме того, инструмент должен быть защищен от попадания фазы на корпус.

§ 6. ЭЛЕКТРОРЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ В ПАРНИКАХ, ТЕПЛИЦАХ, УСТАНОВКАХ МИКРОКЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ И ДРУГИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Для электрообогрева парников и теплиц применяют различные провода, кабели и даже стальную проволоку, прокладываемые в земле, иногда используют электроды, а также электрокалориферные установки.

Провода, прокладываемые в земле, получают электропитание от сети напряжением 127, 220 В или от специальных трансформаторов с напряжением на вторичной обмотке, равным 50 или 36 В. В этих установках чаще всего повреждаются контакты, происходят обрывы цепей во время обработки почвы. Эти повреждения легко определяются и устраняются.

В теплицах, парниках и на животноводческих объектах в качестве обогревательных установок используются

также калориферы, состоящие из нагревателя и вентилятора. Их повреждения и ремонт описаны выше в настоящей главе.

При эксплуатации электрокалориферов особое внимание необходимо уделять последовательности включения вентилятора калорифера. Первым включают вентилятор, затем калорифер. Отключают установку в обратном порядке. Для осуществления такой последовательности включения и отключения нужна блокировка электрическая или при помощи воздушного струйного реле. Такие меры необходимы потому, что при работе калорифера без вентилятора он быстро выходит из строя из-за перегрева. Поэтому необходимо при обслуживании обращать внимание на крепление лопаток на валу двигателя, их наличие, прочность и т. п. Неисправности и ремонт электродвигателя вентилятора описаны в главе восьмой.

Электротехническая часть установок микроклимата животноводческих и других помещений сложна и разнообразна. Она включает в себя силовую часть, электронагреватели, элементы автоматики — микродвигатели, датчики, указатели и т. п. На животноводческих фермах применяются электромашины в трехфазном исполнении. Можно применять и однофазные электроприемники, подключаемые на линейное напряжение, мощностью не более 1,3 кВт и подключаемые на фазное напряжение мощностью не более 0,6 кВт.

Электрооборудование, применяемое в животноводстве, должно быть специального сельскохозяйственного исполнения. Но допускается использовать оборудование общепромышленного назначения химовлагостойкого исполнения.

Внутренние проводки на фермах прокладывают в трубах. Пусковую и защитную аппаратуру электроустановок размещают вне помещений, где содержатся животные и птица, кроме пультов и кнопок управления, которые устанавливают непосредственно у рабочих машин. Если невозможно установить аппаратуру в специальных помещениях, принимают меры для защиты ее от окружающей среды.

В ответвлениях водопровода от магистральных линий к электроприемникам, потребляющим воду (электронагреватели и др.), а также в молокопроводах устанавливают изолирующие вставки длиной не менее 1 м.

При использовании специальных защитных устройств для защиты людей и животных изолирующие вставки на трубопроводах не устанавливают.

В кормоприготовительных цехах все металлические конструкции и трубы, в которых заложена электропроводка, надежно заземляют или зануляют. Осветительную нагрузку на животноводческих фермах распределяют равномерно по трем фазам. При этом для включения и отключения общего освещения применяют трехполюсный коммутационный аппарат (автоматический выключатель, рубильник и т. п.). Если в помещении несколько однофазных групп дежурного освещения, их подключают к разным фазам.

Для включения переносных электроустановок в животноводческих помещениях устанавливают герметизированные штепсельные розетки с заземляющим гнездом.

§ 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ МАШИН И ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

При перемещении стационарно работающих передвижных электрифицированных машин питающий кабель отключают и отъединяют от неподвижного щитка. При работе передвижных машин следят за тем, чтобы питающий кабель не натягивался и на него не наезжали машины. Высота подвеса троллейных линий электрифицированных тележек и других установок в производственных помещениях должна быть не менее 3 м. Напряжение на такие линии подается только на период работы электроустановок. Для присоединения электродвигателей передвижных машин к воздушным сетям 380/220 В применяют контакты, накладываемые на провода при помощи изолированных штанг. При этом электродвигатели должны иметь отдельное включающее устройство. Подключать несколько электрифицированных машин к одному рубильнику запрещено.

При эксплуатации передвижных машин следят за надежностью заземления.

Технические осмотры (уходы) за электрооборудованием проводят ежемесячно, одновременно с очередными осмотрами рабочей машины. Объемы осмотров должны соответствовать условиям эксплуатации и типу оборудо-

вания. Текущий ремонт электрооборудования машин проводят не реже 1 раза в год.

Передвижные электроустановки, работающие сезонно, в остальное время года отключаются от электросети.

Установка для зарядки аккумуляторов тракторов, автомобилей, комбайнов и других машин состоит из трансформатора напряжением 220—127/12-6 В и выпрямительного устройства. Определение неисправностей трансформатора описано выше. В этих установках чаще всего выходят из строя обмотки трансформаторов или элементы выпрямителей. Обычно для выпрямителей используют селеновые пластины. Повреждения пластины определяют следующим образом. Выпрямительное устройство (обычно мостовую схему) разбирают. Каждый элемент соединяют последовательно с контрольной лампочкой на 6 или 12 В и подключают к соответствующей аккумуляторной батарее. Лампа должна гореть, если ток в элементе совпадает с его полярностью. При смене полярности элемента лампа не должна гореть. Горение лампы и в первом и во втором случае показывает на повреждение селенового элемента и требует его замены.

§ 8. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ УСТАНОВОК

Защитное заземление — одна из наиболее распространенных мер защиты людей и животных от поражения электрическим током. По расположению относительно места нахождения заземляемого оборудования заземляющие устройства бывают выносные или контурные. Заземлители изготовляют из угловой стали, металлических труб и стержней, стальных полос и т. д., а заземляющие проводники — из стальной проволоки или шины. В качестве заземляющих проводников могут быть использованы металлические конструкции производственного назначения (каркасы распределительных устройств), стальные трубы проводок, свинцовые и алюминиевые оболочки кабелей и др.

Каждый элемент электроустановки, подлежащий заземлению, присоединяют к заземлителю или заземляющей магистрали. Причем заземляющие проводники присоединяют к электрическим машинам и аппаратам болтами. Для заземления машин и аппаратов, установленных на передвижных электрифицированных машинах,

Электроустановка	Условия заземления	Допустимые значения сопротивления заземляющих устройств, Ом
Напряжение ниже 1000 В с глухозаземленной нейтралью	Заземление нейтрали генераторов или силовых трансформаторов	4
	Повторное заземление нулевого провода	10
	То же, при питании от генераторов или трансформаторов мощностью не более 100 кВ·А	30
Напряжение ниже 1000 В с изолированной нейтралью	Заземление электрооборудования	4
	То же, при питании от генераторов или трансформаторов не более 100 кВ·А	10

используют гибкий медный провод с наконечником. Заземляющие проводники, прокладываемые открыто, обычно окрашивают в черный цвет. В период эксплуатации наземную часть заземляющих устройств подвергают техническим осмотрам (уходам). При этом очищают заземляющие проводники и проверяют целостность цепи заземления. При необходимости разбирают и зачищают контакты в месте соединения заземляющих проводников и электрооборудования, восстанавливают поврежденную окраску элементов заземляющего устройства. Периодичность проведения технических уходов составляет 3 месяца. Кроме этого, два раза в год рекомендуется измерять сопротивление заземляющих устройств в периоды наименьшей проводимости (летом — при наибольшем просыхании почвы и зимой — при ее наибольшем промерзании). Допустимые значения сопротивлений приведены в таблице 25.

§ 9. ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЦЕПИ ФАЗА — НУЛЬ

В четырехпроводных электрических сетях напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью металлические части электроустановок присоединяют к нулево-

му проводу. При пробое изоляции электрооборудования происходит замыкание цепи фаза — нуль, по которой протекает ток короткого замыкания. На пути тока короткого замыкания в цепи фаза — нуль — обмотка трансформатора устанавливают предохранитель или автомат, который отключает поврежденный участок сети.

В процессе эксплуатации периодически измеряют полное сопротивление петли фаза — нуль методом вольтметра-амперметра или измерителем сопротивления типа МС-08 или М-416. Измеренное полное сопротивление петли фаза — нуль сравнивают с допустимым, которое определяют по формуле

$$z_d = \frac{U_\phi}{kI_n},$$

где U_ϕ — фазное напряжение трансформатора, В;
 I_n — номинальный ток плавкой вставки или уставки автомата, А;
 k — коэффициент прочности (для предохранителей $k=3$, для автоматов с электромагнитным расцепителем $k=1,4$ при $I_n \leq 100$ А и $k=1,25$ при $I_n \geq 100$ А).

§ 10. ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

К эксплуатации потребительских установок допускаются электромонтеры, окончившие специальные курсы, имеющие квалификационную группу не ниже третьей и прошедшие инструктаж на рабочем месте. Отвечает за безопасность обслуживания электроустановок руководитель электротехнической службы хозяйства.

Электромонтеры должны иметь защитные средства, рассчитанные на применение в эксплуатируемых электроустановках. К основным защитным средствам, применяемым в установках напряжением до 1000 В, относятся: диэлектрические перчатки, ручной инструмент с изолированными рукоятками и указатели напряжения. Дополнительными защитными средствами в этих установках служат диэлектрические галоши, резиновые коврики, изолирующие подставки.

Перед применением защитных средств их осматривают, обращая внимание на дату предыдущей проверки,

убеждаются в их исправности. При проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту установок необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Распоряжение на проведение работ на электроустановках (устное или оформленное нарядом) дает руководитель электротехнической службы хозяйства или лицо его заменяющее с квалификационной группой не ниже IV.

При техническом обслуживании и ремонте электроустановки отключают от питающей сети. Между ножами и губками отключающего рубильника помещают лист изоляционного материала, на рукоятку привода рубильника или автомата вешают плакат: «Не включать, работают люди». Затем убеждаются в отсутствии напряжения при помощи указателя напряжения и накладывают временное переносное заземление.

Электропроводки, светильники и другое оборудование, установленное на высоте 2,5 м от пола и выше, обслуживают только с прочных переносных или стационарных лестниц.

Все работы под напряжением проводит лицо, имеющее квалификационную группу III и IV. При этом обязательно присутствует второй человек. Перегоревшие плавкие вставки заменяют при отключенном напряжении. В некоторых типах предохранителей допускается заменять плавкие вставки под напряжением, но при снятой нагрузке.

Рабочие, обслуживающие электрифицированные машины и механизмы, должны быть проинструктированы по правилам эксплуатации и техники безопасности при работе на установках. Обо всех неисправностях электрооборудования, возникающих в процессе эксплуатации, следует немедленно сообщить дежурному электромонтеру.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные неисправности сварочных трансформаторов?
2. Какие неисправности могут быть в трансформаторе безопасности?
3. Какие электродвигатели находят основное применение в электроинструменте?
4. В каких режимах работает электроинструмент?
5. Какие меры безопасности необходимо применять при пользовании электроинструментом?

6. Какие основные повреждения могут быть в установках по подогреву парников и теплиц?

7. Какие режимы электроводогрейных котлов следует считать аварийными?

8. Каковы особенности эксплуатации калориферных установок?

Лабораторная работа 15

Измерение сопротивления петли фаза — нуль

Цель работы. Освоить методику измерения сопротивления фаза — нуль при помощи измерителя сопротивления типа МС-08.

План работы. 1. Ознакомиться с конструкцией прибора типа МС-08.

2. Измерить сопротивление цепи фаза — нуль на лабораторной установке.

3. Рассчитать допустимое значение полного сопротивления цепи (данные для расчета задает преподаватель).

4. Сравнить опытные и расчетные значения полного сопротивления цепи фаза — нуль и сделать заключение.

Пояснения к работе. Работу следует выполнять в соответствии с § 9 настоящей главы.

Лабораторная работа 16

Определение неисправностей в специальных установках и их устранение

Цель работы. Закрепить знания по конструкции специальных электроустановок, изучить причины их повреждений, методы обнаружения и способы устранения этих повреждений. Ознакомиться с основными правилами эксплуатации и техники безопасности при обслуживании специальных электроустановок.

План работы. 1. Изучить конструкцию электроустановки.

2. Выбрать метод и приборы для обнаружения повреждений электроустановок.

3. Собрать схему проверки установки и провести испытания.

4. Сделать заключение о состоянии электроустановки.

5. Устранить повреждения электроустановки.

Пояснения к работе. Работа выполняется в соответствии с положениями, изложенными в данной главе.

§ 1. ЩЕЛОЧНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Щелочные аккумуляторы используют в основном на электрокарах и некоторых погрузочно-разгрузочных машинах. Устройство щелочно-железо-никелевого аккумулятора показано на рисунке 56.

В качестве электролита в них применяется раствор щелочи. Для приготовления электролита в специальные стальные баки наливают дистиллированную воду и постепенно, мешая воду стальным прутком, погружают в нее размельченные куски едкого кали. Раствор выдерживают в баке 15—20 ч для охлаждения и отстоя. Затем верхний слой электролита сливают и добавляют дистиллированную воду, добиваясь нужной плотности. Для эксплуатации в летнее время при температуре окружающей среды не выше 30°C готовят электролит плотностью $1,23\text{ г/см}^3$, а в более жарких условиях плотность понижают до $1,20\text{ г/см}^3$. В зимних условиях при температуре (-35°C) используют электролит плотностью $1,27\text{ г/см}^3$.

Для приготовления электролита нужной плотности можно также использовать готовый калиево-литиевый электролит плотностью $1,41\text{ г/см}^3$.

Для заливки электролита в аккумуляторы используют стальную воронку с резиновым наконечником, чтобы избежать замыкания пластин с крышкой аккумулятора. Электролит наливают из стальной кружки объемом 2 л. Заливать электролит можно при температуре не выше 30°C .

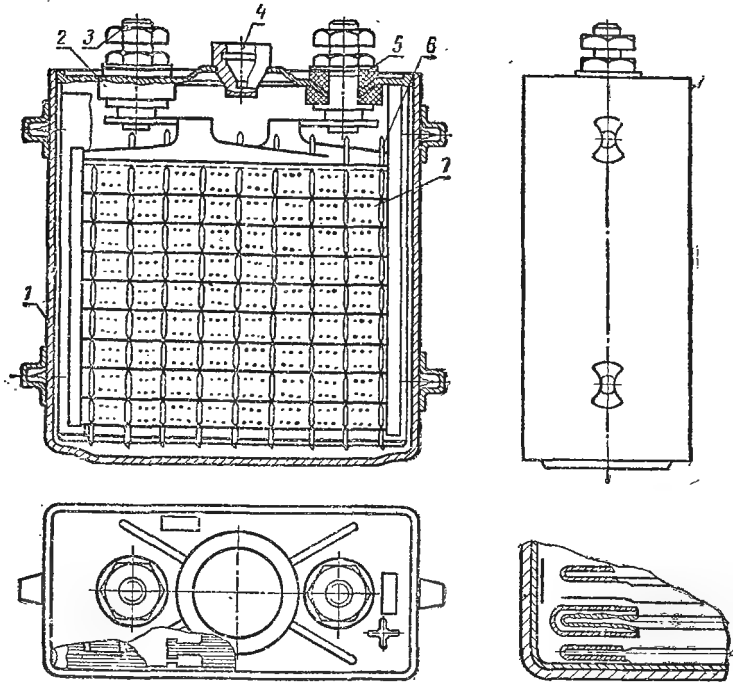


Рис. 56. Устройство щелочно-железо-никелевого аккумулятора:

1 — стальной бак; 2 — эбонитовые втулки; 3 — выводной штырь; 4 — пробка; 5 — резиновые уплотнители; 6 — изоляционные стержни; 7 — пакеты отрицательных и положительных пластин.

Режимы зарядки. Для щелочно-никелевых аккумуляторов применяют три режима зарядки: нормальный, усиленный и ускоренный.

Зарядку аккумуляторов по нормальному режиму проводят нормальным зарядным током в течение 7 ч.

Усиленный режим зарядки используют после смены электролита, при разрядке батареи ниже допустимой, на каждом десятом цикле заряд-разряд при регулярной эксплуатации и через месяц при нерегулярной, а также при хранении аккумулятора до полугода. Зарядку проводят нормальным зарядным током в течение 12 ч. Ускоренный режим зарядки проводят в случае крайней необходимости. Зарядку ведут ступенчато: первые 2,5 ч удво-

енным нормальным током и следующие 2 ч нормальным зарядным током.

Температура электролита в период зарядки батареи не должна превышать 30—40° С. При увеличении температуры выше допустимой аккумулятор отключают от источника питания и дают ему остынуть. После окончания зарядки через 1—2 ч проверяют уровень электролита, заворачивают пробки и насухо протирают аккумулятор.

Через каждые 25—30 циклов заряд-разряд или после хранения аккумулятора до двух лет проводят тренировочные циклы. Количество циклов может достигать трех. В период первых двух циклов проводят 12-часовую зарядку нормальным зарядным током. Затем батарею разряжают до напряжения не ниже 1 В на элемент. В третьем цикле зарядку батареи ведут нормальным током в течение 7 ч, затем также разряжают. Аккумулятор считается годным, если напряжение, приходящееся на каждый его элемент, в конце разрядки будет не менее 1 В.

Уход за щелочными аккумуляторами. В процессе эксплуатации следует содержать аккумуляторы в чистоте, периодически протирать их ветошью. Необходимо проверять крепление батареи в контейнере, крепление клемм и проводов, а также уровень и плотность электролита. Уровень электролита проверяют перед каждой зарядкой, а плотность — через 3—5 циклов работы. Эксплуатация аккумулятора с низким уровнем электролита приводит к быстрому снижению емкости.

При снижении уровня электролита в аккумуляторы следует долить дистиллированную воду, если ее нет, можно использовать обычную подщелоченную воду. В этом случае в ней следует растворить 5—10 г едкого кали или 20—25 см³ готового электролита плотностью 1,23 г/см³ на 1 л воды и дать отстояться в течение суток.

Для предупреждения снижения емкости аккумуляторов электролит нужно периодически заменять: для батарей, работающих на составном электролите, через каждые 100 циклов заряд-разряд, но не реже одного раза в год, а при работе на электролите без лития — через 50 циклов. Перед заменой электролита секции необходимо промывать водой.

При переходе на зимнюю или летнюю эксплуатацию проводят сезонное обслуживание аккумуляторов. Так, при переходе на зимнюю эксплуатацию проводят кон-

трельную разрядку и определяют остаточную емкость, затем проводят тренировочный цикл и дают усиленную зарядку. В зимнее время батарею утепляют.

Неисправности щелочных аккумуляторов. Одна из наиболее распространенных неисправностей щелочных аккумуляторов — снижение емкости. Причины этой неисправности следующие: длительная работа без смены электролита, использование в летнее время электролита без добавления едкого лития. В этих случаях работоспособность батареи можно восстановить.

Безвозвратная потеря емкости из-за изменения химического состава пластин или их замыкания может произойти при попадании в электролит кислоты, при эксплуатации с повышенным уровнем электролита, при разбухании пластин. Такой аккумулятор следует заменить. Замене подлежит также аккумулятор, емкость которого снизилась более чем на 25% от номинальной.

Быструю разрядку батареи может вызвать замыкание между баками отдельных аккумуляторов вследствие попадания металлических предметов.

Хранение щелочных аккумуляторов. В течение непродолжительного периода аккумуляторы можно хранить непосредственно на месте установки. На более длительное хранение батареи нужно помещать в сухие неотапливаемые и вентилируемые помещения. Причем до года аккумуляторы целесообразно хранить с электролитом, а свыше года — в сухом виде.

Перед установкой аккумулятора на хранение следует очистить его от пыли и грязи, снять перемычки между батареями, влить в каждый элемент вазелиновое масло и нанести слой вазелина на неокрашенные части. Если аккумулятор хранится с электролитом, то перед установкой на хранение нужно довести его плотность до $1,27 \text{ г/см}^3$ и не реже 1 раза в три месяца контролировать уровень электролита.

§ 2. КИСЛОТНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ

Кислотные аккумуляторы используются в системах автотракторного электрооборудования и в ряде стационарных установок.

Устройство свинцово-кислотного аккумулятора приведено на рисунке 57. Электролит для этих аккумуляторов готовят из аккумуляторной серной кислоты

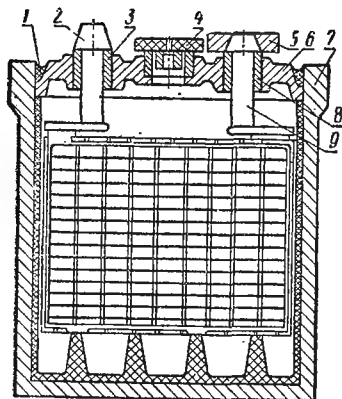


Рис. 57. Устройство свинцово-кислотного аккумулятора:

1 — заливочная мастика; 2 и 9 — выводящие штыри; 3 и 8 — свинцовые втулки; 4 — пробка; 5 — межэлементная перемычка; 6 — крышка аккумулятора; 7 — бак.

(ГОСТ 667—63) и дистиллированной воды. Его готовят в стойкой против серной кислоты посуде (керамическая, эбонитовая, свинцовая). Причем в посуду заливают вначале воду, а затем тонкой струйкой кислоту при непрерывном перемешивании. Количество кислоты плотностью $1,83 \text{ г/см}^3$ при 15°C , которое необходимо добавить на 1 л воды для получения электролита нужной плотности, приведено в таблице 26.

Электролит заливают в батарею через стеклянную или свинцовую воронку. Причем его температура должна быть не выше 25°C .

При работе с кислотным электролитом следует соблюдать меры предосторожности, так как серная кислота вызывает ожоги и разрушает органические материалы.

Рекомендуемая плотность электролита при 15°C для различных климатических зон приводится в таблице 27.

После заливки электролита следует дать возможность пластинам пропитаться электролитом. Для этого аккумуляторы нужно выдержать перед зарядкой опре-

Таблица 26

Плотность электролита при 15°C	Количество серной кислоты (л) плотностью $1,83 \text{ г/см}^3$ для приготовления электролита	Плотность электролита при 15°C	Количество серной кислоты (л) плотностью $1,83 \text{ г/см}^3$ для приготовления электролита
1,255	0,305	1,300	0,405
1,270	0,345	1,310	0,425
1,280	0,365	1,320	0,450
1,285	0,375	1,340	0,495

Район и время года	Плотность электролита для свинцово-кислотных аккумуляторов					
	батареи с деревянными сепараторами		батареи с комбинированными сепараторами (хлорвинил, дерево)		батареи с сепараторами из милона или мипласта	
	перед зарядкой	в конце зарядки	перед зарядкой	в конце зарядки	перед зарядкой	в конце зарядки
Крайние северные районы с температурой зимой ниже -35°C :						
зима	1,340	1,310	1,1285	1,285	1,255	1,285
лето	1,300	1,270	1,270	1,270	1,240	1,270
Районы с температурой зимой выше -35°C :						
зима	1,310	1,285	1,270	1,270	1,240	1,270
лето	1,300	1,270	1,270	1,270	1,240	1,270
Южные районы:						
зима	1,300	1,270	1,270	1,270	1,240	1,270
лето	1,270	1,240	1,240	1,240	1,210	1,240

деленное время: новые незаряженные батареи 4—6 ч, новые сухо заряженные батареи 3 ч.

Режим зарядки. Значение зарядного тока для некоторых типов батарей приводится в таблице 28.

Продолжительность зарядки определяется в зависимости от типа аккумулятора и срока его хранения с момента изготовления. Так, для аккумуляторов с заряженными пластинами, хранившимися до ввода в эксплуатацию не больше года, продолжительность зарядки составляет 3—5 ч, а свыше года — 5—25 ч. Для аккумуляторов с частично заряженными пластинами в зависимости от срока хранения продолжительность зарядки составляет 25—50 ч.

В период зарядки необходимо контролировать температуру электролита. Она не должна превышать 40°C .

Марка батареи	Зарядный ток для стартерных аккумуляторных батарей, А		
	новых с частич- но заряженны- ми пластина- ми	новых с заря- женными пла- стинами	бывших в эксплуата- ции
ЗСТ-60	3,5	5,0	6,0
ЗСТ-70	5,0	6,5	7,0
ЗСТ-84	6,0	8,0	8,4
ЗСТ-98	6,5	9,0	9,8
ЗСТ-135	7,5	10,0	13,5
6СТ-42	3,0	4,0	4,2
6СТ-54	3,5	5,0	5,4
6СТ-68	4,5	6,0	6,8
6СТ-78	—	8,0	7,8
6СТ-128	7,0	10,0	12,8

Зарядку ведут до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение во всех элементах, а плотность электролита и напряжение батареи будут постоянны в течение 3 ч.

Плотность электролита в конце зарядки не должна отличаться более чем на 0,01 г/см³ от рекомендованной для данного климатического района (табл. 27).

Уход за кислотными аккумуляторами. При эксплуатации нужно очищать батарею от пыли и грязи чистой ветошью, проверять крепление батареи в гнезде, состояние контактов наконечников и клемм. Если засорились вентиляционные отверстия, то их следует прочистить.

Уровень электролита должен быть на 15—20 мм выше предохранительного щитка. При понижении уровня электролита следует доливать дистиллированную воду. Если степень разряженности батареи (по плотности электролита) составляет более 25% зимой и более 50% летом, то аккумулятор следует подзарядить. При переходе с летней эксплуатации на зимнюю или наоборот следует подзарядить аккумулятор до рекомендуемых значений. В зимнее время батареи необходимо утеплять.

Неисправности кислотных аккумуляторов. К основным неисправностям кислотных аккумуляторов относятся повреждение крышек, баков, заливочной мастики, излом штырей, разрушение пластин сепараторов, замыкания пластин и их сульфатация. Внешние неисправнос-

ти возникают из-за неправильной эксплуатации и воздействия механических усилий. Замыкание пластин происходит вследствие их разрушения, накопления шлама на дне бака и т. д. Признаки замыкания следующие: незначительное повышение плотности электролита и напряжения в конце зарядки; слабое газовыделение при низком напряжении и уровне плотности электролита, сильное снижение напряжения при кратковременном разряде, низкое напряжение у отдельных элементов батареи при нормальной плотности электролита.

При разрядке аккумулятора на электродах образуется сульфат свинца, который не растворяется в электролите и откладывается на пластинах в виде кристаллов. При этом емкость батареи снижается. Процесс сульфатации пластин ускоряется при эксплуатации аккумуляторов с пониженным уровнем электролита или с электролитом, плотность которого выше рекомендуемой и в котором есть примеси.

Признаки сульфатации батареи таковы: высокое по сравнению с обычным напряжение в начале зарядки, преждевременное газовыделение, быстрое повышение температуры электролита и незначительное увеличение его плотности, низкое напряжение при разрядке и пониженная емкость.

Работоспособность батареи с незначительной сульфатацией пластин можно восстановить без замены пластин. Ремонт кислотных аккумуляторов проводят в специальных мастерских.

Хранение кислотных аккумуляторов. Не бывшие в эксплуатации аккумуляторные батареи хранят в сухих помещениях при температуре окружающего воздуха выше 0°C . Максимальный срок хранения батареи с сепараторами из мипора, мипласта или материалов, комбинированных с ними, — 2 года, а с сепараторами из дерева или материалов, комбинированных с ними, — 1 год.

Батареи, частично бывшие в эксплуатации, перед установкой на хранение очищают от пыли и грязи, осматривают и проверяют в них уровень электролита. Затем аккумулятор заряжают и доводят плотность электролита до $1,285 \pm 0,005 \text{ г/см}^3$. Эти батареи хранятся в помещениях при температуре выше 0°C , как и новые.

Аккумуляторы, хранящиеся с электролитом, ежедневно подзаряжают током нормального заряда и один

раз в три месяца проводят для них контрольно-тренировочный цикл заряд-разряд.

В настоящее время разработаны рекомендации по хранению кислотных аккумуляторов в прохладном помещении при температуре не выше 0°C и не ниже -25°C без подзаряда. Плотность электролита должна быть не ниже $1,25\text{ г/см}^3$. В этом случае увеличивается срок службы деревянных сепараторов и резко снижается саморазряд батарей.

§ 3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АККУМУЛЯТОРОВ

Во время приготовления электролита, его заливки, установки аккумулятора на зарядку необходимо работать в резиновых перчатках и обуви, в фартуке и защитных очках.

Помещения, в которых работают с аккумуляторными батареями, должны быть оборудованы общей и местной вентиляцией. В них запрещается хранить и принимать пищу, а также курить.

Приготавливая электролит для щелочных аккумуляторов, следует помнить, что при растворении щелочи выделяется тепло, поэтому раствор нужно перемешивать. Куски щелочи голыми руками брать не следует. Применять стеклянную посуду при растворении щелочей не рекомендуется, так как она может разбиться, а работающий — пострадать. Кроме того, концентрированный раствор щелочи выщелачивает стекло и разрушает органические ткани (кожу, волосы и др.). При попадании щелочи на незащищенные места ее можно нейтрализовать 3-процентным раствором борной кислоты.

При приготовлении электролита для кислотных аккумуляторов следует строго соблюдать существующие правила: приливать кислоту в воду, а не наоборот. При изготовлении и заливке электролита нужно пользоваться только стеклянной или изготовленной из свинца посудой. Переливать кислоту или готовый электролит лучше при помощи специальных сифонов.

Серная кислота даже слабой концентрации разрушает все органические материалы и причиняет ожоги. При попадании электролита на одежду или обувь нужно промыть облитое место большим количеством воды, а затем нейтрализовать кислоту раствором бикарбоната натрия

(питьевой соды) или нашатырного спирта. Если кислота попала на незащищенные части тела, то необходимо сразу же обмыть это место большим количеством воды и также нейтрализовать.

Контрольные вопросы

1. Как приготовить электролит для щелочного аккумулятора?
2. Каковы режимы зарядки щелочных аккумуляторов?
3. Как приготовить электролит для кислотных аккумуляторов?
4. Каковы основные неисправности щелочных аккумуляторов?
5. Каковы режимы зарядки кислотных аккумуляторов?
6. Какие неисправности бывают у кислотных аккумуляторов?
7. Каковы правила хранения кислотных аккумуляторов?

§ 1. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Неисправности магнето: размагничивание полюсов магнита и задевание магнита за полюса в результате вибраций и износа подшипников. Намагничивание ротора проводят на специальном приборе НА-5-ВИМ постоянным током.

Неисправности прерывателя: обгорание или окисление контактов, замыкание изолированного контакта на корпус, биение кулачка, изменение зазора в контактах и поломка пружины подвижного контакта. Окислению контактов способствует неисправность конденсатора. Нормальный зазор между контактами должен быть в пределах 0,2—0,25 мм. В обмотке трансформатора магнето могут быть обрывы, замыкания между витками и на корпус. Обрывы определяют при помощи контрольной лампы. Остальные неисправности определяют на испытательном стенде.

Неисправности конденсаторов: обрыв выводов, пробой, плохие контакты корпуса конденсатора с массой и изолированного проводника с клеммой прерывателя. Эти неисправности определяют на приборе проверки зажигания (ППЗ) или же при помощи контрольной лампы. Контрольная лампа, соединенная последовательно с конденсатором и подключенная к сети переменного тока напряжением 127 или 220 В, не горит при исправном конденсаторе. Но после отключения конденсатора от сети он дает искру при разряде. При обрыве в конденсато-

ре лампа не горит, а конденсатор не заряжается. При пробое конденсатора лампа горит.

Неисправности распределителя: износ или поломка скользящих угольных контактов, ослабление или поломка их пружин, замасливание или поломка скользящих контактов распределителя и трещины в изолирующей части барабана распределителя и крышках.

В катушках зажигания могут быть те же неисправности, что и в трансформаторе магнето. Их определяют при помощи контрольной лампы или на испытательном стенде.

§ 2. ХАРАКТЕРНЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ, СТАРТЕРОВ, РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРОВ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

В настоящее время нашли широкое распространение генераторы как постоянного тока, так и переменного. Основные неисправности генераторов постоянного тока и стартеров, их определение и устранение описаны в главе восьмой.

Генераторы переменного тока могут не возбуждаться не только из-за повреждений обмотки статора (обрыв, витковое замыкание и замыкание на корпус), но и из-за размагничивания полюсов ротора. Полюса ротора генератора, как и ротора магнето, намагничивают на специальном приборе постоянным током. Недостаточное напряжение генератора может быть также из-за слабого натяжения приводного ремня. Перегрев генератора (допускаемая температура корпуса 60°C) может происходить из-за задевания ротора о сердечник корпуса, замыканий в обмотке статора и заеданий подшипников вала ротора.

В реле-регулятор (РР) входит: реле обратного тока, регулятор напряжения и ограничитель тока. Для всех этих реле характерны одинаковые неисправности. Механические неисправности: ухудшение состояние контактов, несовпадение их осей, заедание и люфт якорей, ослабление крепления стоек, сердечника и т. п. Повреждения устраняют обычными методами: подтяжкой винтов крепления, переклепкой и правкой стоек, якорей и т. п. Обгоревшие контакты зачищают надфилем, а при высоте контактов менее 0,3 мм заменяют или переклепывают.

Обрывы в обмотках и их замыкания на корпус определяют при помощи контрольной лампы или мегомметра,

а витковые замыкания по методу сопротивления. Поврежденные обмотки чаще всего перематывают или заменяют. Изолирующие детали реле-регулятора испытывают на пробой напряжением 220 или 380 В.

У отремонтированных реле-регуляторов проверяют и регулируют зазоры между сердечником и якорем и контактами.

Например, у регуляторов типа РР-81 и РР-315 и их модификаций зазор между якорем и сердечником у реле обратного тока устанавливается равным 1,0—1,6 мм, у реле напряжения и у ограничителя тока 1,4—1,5 мм, а зазор между контактами реле обратного тока 0,7—0,9 мм. У РР-24 зазоры между якорем и сердечником всех реле должны быть равны 1,4—1,5 мм, а зазор между контактами реле обратного тока 0,3—0,4 мм.

Зазоры регулируют подгибанием стоек, отгибанием ограничителя отхода якоря или перемещением контакта.

Собранный реле-регулятор испытывают и регулируют на контрольно-испытательном стенде совместно с исправным генератором и заряженной аккумуляторной батареей.

§ 3. ПРОВЕРКА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Контрольно-измерительные приборы входят в состав электрооборудования. Их проверяют на стендах или при помощи специальных приборов.

Проверка электроимпульсных манометров. В начале проверяют датчики приборов. Датчик подключают к прибору (531 ГАРО). Воздушным насосом прибора создается давление, которое контролируют по эталонному манометру. В зависимости от давления изменяется сила тока, проходящего через датчик. Ее контролируют микроамперметром. При отсутствии специального прибора датчик электротеплового манометра проверяют при помощи эталонного указателя. Создавая давление насосом и сравнивая показания эталонного и испытуемого манометров и эталонного указателя при различных давлениях, можно судить о качестве работы датчика.

Контрольный манометр и датчик проверяемого манометра можно ввертывать в полость, в которой необходимо давление может быть создано обычно солидолонагнетателем, заполненным автолом. Проверку ведут по

двум точкам — 0 и $2 \cdot 10^5$ Па. При отсутствии давления для установки стрелки прибора на нуль вращают зубчатый сектор в ту или другую сторону. Для регулировки отклонения стрелки указателя при давлении $2 \cdot 10^5$ Па изменяют значение добавочного сопротивления, включенного параллельно обмотке датчика.

Датчик электроимпульсного (электротеплового) термометра можно проверять при помощи названного уже прибора. Но датчик можно проверить и эталонным указателем (приемником).

В сосуд с водой или маслом вместе с датчиком устанавливают ртутный термометр. Сосуд с жидкостью нагревают до температуры выше 100°C , выключают подогрев и при остывании жидкости сравнивают показания термометра и указателя. Допускается различие в показаниях в пределах $\pm 5^\circ$. Приемник указателя температуры проверяют прибором точно так же, как и указатель давления масла. Аналогично регулируют указатель температуры.

Приемники указателя температуры можно проверить и без прибора. В этом случае вместо эталонного включают проверенный указатель, а в сосуд с нагреваемой жидкостью устанавливают проверенный (контрольный датчик).

Указатель уровня топлива можно проверять при помощи того же прибора, но можно воспользоваться простым приспособлением, которое фиксирует рычажок датчика в нужных положениях. Вместо омметра прибора включают эталонный указатель и проверяют соответствие положения рычага датчика показаниям указателя. Датчик регулируют смещением ползунков его реостата.

Амперметр проверяют методом сравнения проверяемого и эталонного приборов. Для проверки приемников указателя давления масла и температуры воды собирают последовательную схему: приемник-реостат, регулируемый на 150—200 Ом, — миллиамперметр на 300 мА. Эту схему подключают к батарее на 12 В. Регулируя сопротивление, изменяют силу тока в цепи и проверяют соответствие силы тока показаниям приемника (табл. 29).

Показания снимают после предварительного прогрева обмотки приемника и биметаллической пластины заданным током в течение двух минут. Вышедшую из строя обмотку биметаллической пластины датчика дав-

Сила тока в цепи указателя		Показания указателя	
давления масла, мА	температуры воды, мА	давления масла, Па	температуры воды, °С
60	80	0	96—104
170	160	$(1,8 \div 2,2) \cdot 10^5$	75—85
240	250	$(4,8 \div 5,2) \cdot 10^5$	40—50

ления или датчика температуры можно заменить новой, изготовленной из константановой проволоки марки ПШЭДК диаметром 0,12—0,15 мм, сопротивлением 8—11 Ом, что соответствует длине проволоки 25 см.

§ 4. НЕИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ

В настоящее время на ряде автомашин появилась электронная схема зажигания. Контакты прерывателя, на которые разрушающе действует электрическая дуга, пары масла, влаги и воздух заменяются полупроводниковыми триодами, контакты лишь управляют работой триодов. Существуют и бесконтактные схемы зажигания.

При правильно собранной схеме наладка ее заключается лишь в проверке и в случае необходимости регулировке напряжения заряда накопительных конденсаторов, которое должно составлять при нормальной температуре 340—370 В. Это напряжение регулируют изменением сопротивления — резистора, а измеряют его специальным импульсным вольтметром или осциллографом.

Основными неисправностями электронных схем зажигания являются повреждения полупроводниковых приборов. Для проверки транзисторов пользуются схемой, изображенной на рисунке 58. При исправном транзисторе лампочка горит, при изменении полярности гаснет. Аналогично проверяют и эмиттерный переход транзистора, только «плюс» подается не на коллектор, а на эмиттер. Схема проверки диодов показана на рисунке 59. Если лампочка горит, диод исправен, если не горит или же горит независимо от полярности присоединения прибора, диод неисправен. Для проверки транзисторов применяют также схему, приведенную на рисунке 60.

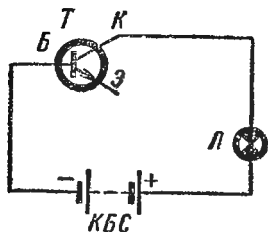


Рис. 58. Схема проверки транзисторов:

Б — база; К — коллектор; Л — лампочка 3В; Э — эмиттер; КБС — батарейка.

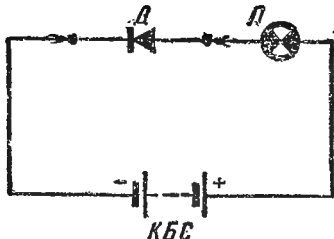


Рис. 59. Схема проверки диода:

Л — лампочка; КБС — батарейка. Д — диод.

Нагрузочное сопротивление составляет 40—50 Ом. При исправном транзисторе напряжение на выводах эмиттер — коллектор для транзисторов П217, П217В, П4Б должно быть больше нуля, но не более 0,5 В, для транзистора П214В — 1,0 В и для П302 — 5 В (два последних ставятся на электронных реле-регуляторах РР-350 и РР-350А). При отъединении вывода базы от коллектора транзистор запирается и прибор показывает напряжение источника питания, то есть 12 В. Иные показания указывают на неисправность транзистора. При исправном диоде напряжение прибора отличается от нуля, но не превышает 1 В. Кроме того, как и в любой схеме, в электронной схеме могут быть обрывы, замыкания на «массу», повреждения сопротивлений. Все они легко обнаруживаются простыми ранее приведенными методами.

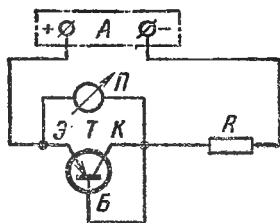


Рис. 60. Схема для проверки транзисторов:

Т — транзистор; Э — эмиттер; К — коллектор; Б — база; R — сопротивление; П — прибор; А — аккумуляторная батарея.

§ 5. ТИПОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВКИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

За последние годы промышленность поставляет ремонтным предприятиям различное типовое оборудование для проверки и регулировок автотракторного электрооборудования.

Это прежде всего испытательные стенды УКИС-М-1 и УКС-60 (СИ-968), на которых проверяются все узлы системы зажигания, генераторы, стартеры и реле-регуляторы. Кроме того, выпускаются портативные дефектоскопы ПДО-1 для дефектации обмоток генераторов, аппараты для намагничивания и размагничивания роторов, приборы для контроля приборов типа 531ГАРО и многие другие.

§ 6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Ремонт автотракторного электрооборудования аналогичен ремонту силового электрооборудования. Поэтому все положения техники безопасности, приведенные в главе восьмой, применимы и в данном случае. Но, кроме этого, следует учитывать очень высокое напряжение в системе зажигания, что требует при ее ремонте и регулировке соблюдать особую осторожность.

Особую осторожность также необходимо соблюдать при регулировках и наладках электрооборудования на работающих двигателях внутреннего сгорания, учитывая повышенную пожароопасность из-за наличия паров горючего, опасность от вращающихся частей и т. п.

Контрольные вопросы

1. Какие неисправности встречаются у трансформатора, магнето и индукционной катушки зажигания?
2. Какие неисправности могут быть у конденсатора?
3. Как намагничиваются магнето?
4. Как обнаруживаются обрывы в цепях обмоток?
5. Как испытываются реле-регуляторы?
6. Каковы достоинства электронных схем зажигания?
7. Каковы основные неисправности электронных схем зажигания?
8. Какие методы проверки элементов электронных схем зажигания вы знаете?
9. Как проверяют и регулируют датчики и указатели давления электроимпульсных манометров?
10. Как проверяют и регулируют датчики и указатели температуры электроимпульсных термометров?
11. Как проверяют и регулируют датчики и указатели уровня топлива?
12. Как проверяют амперметры?

Выявление неисправностей в системе автотракторного электрооборудования (АТЭ)

Цель работы: 1. Ознакомиться с методами определения неисправностей в системе АТЭ: магнето, прерывателя-распределителя, катушке зажигания, конденсаторе, генераторе, реле-регуляторе, стартере, электроизмерительных приборах (датчиках и указателях) и в электронных схемах зажигания.

2. Ознакомиться с аппаратурой и приборами по определению неисправностей в системе АТЭ.

План работы. 1. Изучить конструкцию узла или элементы системы АТЭ.

2. Выбрать приборы или настроить стенд для проверки заданного элемента.

3. Проверить элемент, выявить его состояние.

4. Разобрать элемент схемы, испытать и определить место повреждения.

5. Установить причину повреждения.

6. Дать заключение о возможности эксплуатации элемента системы АТЭ.

7. При возможности устранить обнаруженные неисправности.

8. Собрать (по указанию преподавателя) необходимую схему системы АТЭ и проверить ее работоспособность (например, систему зажигания).

Пояснения к работе. При выполнении работ необходимо руководствоваться заданиями преподавателя и материалом, изложенным в настоящей главе.

**РАБОТА С ПЕРСОНАЛОМ
ПРЕДПРИЯТИЙ. АВАРИИ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
УСТАНОВКАХ,
ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
И УСТРАНЕНИЕ****§ 1. ОБУЧЕНИЕ И ПРОВЕРКА ЗНАНИЙ
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАБОТНИКОВ**

Надежная и экономичная работа электроустановок и их обслуживание обеспечиваются квалифицированными работниками, которые имеют специальную подготовку и постоянно совершенствуют свои знания.

Персонал, принимаемый на работу для обслуживания электроустановок, должен иметь определенный в зависимости от должности уровень общих технических знаний и стаж практической работы.

Эксплуатационные работники электроустановок до назначения их на самостоятельную работу или при переводе на другую работу должны пройти соответствующее производственное обучение и проверку знаний по правилам технической эксплуатации и правилам техники безопасности, а также по эксплуатационным и должностным инструкциям.

Производственный инструктаж — одна из основных форм работы с персоналом.

Производственное обучение на рабочем месте проводят в течение двух недель, где персонал приобретает практические навыки, знакомится с оборудованием и аппаратурой. Руководит обучением опытный работник, имеющий право на обслуживание данной электроустановки, а контролирует обучение представитель администрации, ответственный за эксплуатацию установки.

В процессе эксплуатации периодически проверяются знания эксплуатационных работников. Персонал, обслуживающий действующие электроустановки или выпол-

няющей на них электромонтажные, ремонтные или наладочные работы, проходит проверку знаний по правилам технической эксплуатации один раз в два года, а по правилам техники безопасности—ежегодно. Инженерно-технические работники из числа дежурного и оперативного персонала подвергаются проверке знаний правил техники безопасности ежегодно, а инженерно-технические работники из числа неоперативного персонала подвергаются проверке знаний правил технической эксплуатации и правил техники безопасности один раз в три года. Лица, допустившие нарушение этих правил, подвергаются внеочередной проверке.

Для приема экзамена создаются специальные квалифицированные комиссии в составе не менее трех человек. Эксплуатационный персонал проходит проверку знаний отдельно по правилам технической эксплуатации и правилам техники безопасности.

Если экзамены сдают инженерно-технические работники, то председателем комиссии обычно назначается главный инженер предприятия. Председателем комиссии при сдаче экзамена эксплуатационно-ремонтным персоналом является инженерно-технический работник.

Комиссия выставляет каждому работнику оценки и выдает удостоверение — допуск на право работ в установках высокого напряжения, в котором отмечает оценку и квалификационную группу по технике безопасности.

Эксплуатационные работники, получившие неудовлетворительные оценки, подвергаются повторной проверке через месяц. Если они снова получают неудовлетворительную оценку, их не допускают к работе или переводят на более низкую должность.

Если срок очередной проверки истек, удостоверение считается недействительным. Во время исполнения служебных обязанностей удостоверение должно находиться у работника.

Главный инженер-энергетик хозяйства сдает экзамены по правилам технической эксплуатации и правилам техники безопасности комиссии при областном (краевом) управлении сельского хозяйства. В состав комиссии входят энергетик хозяйства (председатель) и представители энергосистемы и энергосбыта.

Эксплуатационные работники постоянно повышают свою квалификацию и расширяют свои знания по ус-

ройству и эксплуатации электрооборудования. Распространенным методом обучения являются курсы, на которых изучают различные теоретические и практические вопросы производства. Изучение новых передовых методов работы организуется в школе новаторов. Отдельные вопросы эксплуатации и новой техники изучаются на периодических технических семинарах. Большую помощь в повышении уровня знаний эксплуатационных работников оказывают выставки, технические кабинеты, оборудованные различными приборами, образцами электроматериалов и аппаратуры, макетами и т. п.

Изучение и анализ происшедших аварий, грубых нарушений правил технической эксплуатации и правил техники безопасности — одна из форм повышения квалификации эксплуатационного персонала.

Повышение квалификации эксплуатационного персонала проводится как без отрыва, так и с кратковременным отрывом от производства.

§ 2. ПРОТИВОАВАРИЙНЫЕ ТРЕНИРОВКИ

Статистикой установлено, что значительная часть аварий на электроустановках происходит по вине обслуживающего персонала. Причинами таких аварий служат, как правило, нарушение правил технической эксплуатации электрооборудования и правил техники безопасности. Важной формой работы с персоналом являются противоаварийные тренировки. Цель их — подготовить оперативный эксплуатационный персонал к четкой и безошибочной работе по предотвращению аварий или ликвидации аварийного режима.

Противоаварийные тренировки проводят на электростанциях, подстанциях, в сетях. При этом руководители предприятий разрабатывают режим и работу установки на период тренировки, задают аварийные условия, на которые должен реагировать обучаемый персонал.

Во время тренировок персонал имеет возможность лучше изучить работу оборудования, на конкретных примерах усвоить правила технической эксплуатации и техники безопасности. Руководители тренировок выявляют имеющиеся недостатки в работе, обучают персонал приемам выполнения отдельных оперативных действий.

Противоаварийную тренировку проводят на рабочих местах, чтобы ее условия соответствовали действительным. Дежурный персонал при этом не делает переключений на действующем оборудовании, а только сообщает руководителю о действиях, принятых на месте. После окончания тренировки руководитель подводит итоги и делает вывод о степени подготовленности персонала. По всем выявленным недостаткам проводят дополнительный инструктаж персонала, а отдельные вопросы изучают более подробно.

§ 3. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО ПЕРСОНАЛА

К дежурному эксплуатационному персоналу электрических станций, подстанций и сетей относятся все работники, обслуживающие посменно производственные участки и работающие по заранее утвержденному графику.

Функции обслуживающего персонала предприятий строго разграничены в зависимости от участка работы.

Во время дежурства эксплуатационный персонал следит за оборудованием, регулирует режим его работы, выводит оборудование в ремонт и вводит его после ремонта в работу, ликвидирует все возникающие неполадки и аварии, изменяет режим работы, выполняет какие-либо операции с оборудованием. При этом дежурный персонал руководствуется исполнительными чертежами, схемами первичной и вторичной коммутации, принципиальными схемами защиты установки, схемами контроля состояния изоляции, блокировок и сигнализации. На станции и подстанции находятся также схемы всех отходящих высоковольтных и низковольтных линий.

Дежурные должны знать устройство и режим работы всего оборудования, его предельные нагрузки и допустимые температуры изоляции токоведущих частей. Дежурные несут персональную ответственность за все аварии электрического оборудования, происшедшие в их смене, за нарушение режима работы электрооборудования, несоблюдение правил технической эксплуатации, правил безопасности и инструкций по эксплуатации электрооборудования. Дежурный персонал во время смены ведет оперативный журнал дежурства.

Права и обязанности электромонтера хозяйства заключаются в следующем: обязательно знать и выпол

нять правила устройства, техники безопасности при эксплуатации сельских электроустановок, а также основ электротехники в объеме технического минимума; повышать свою квалификацию; четко выполнять распоряжение инженера или техника-электрика; вести техническую документацию по эксплуатации оборудования и электроустановок.

Электромонтеру предоставлено право: не выполнять распоряжений, угрожающих жизни людей, сохранности оборудования и противоречащих правилам технической эксплуатации и правилам техники безопасности; выключать установки, оказавшиеся в угрожающем или аварийном состоянии; требовать от персонала, обслуживающего рабочие машины и механизмы, выполнения правил эксплуатации.

Оперативные работы дежурного персонала. Отключения, включения и переключения воздушных и кабельных линий или трансформаторов дежурный персонал выполняет по распоряжению вышестоящего оперативно-го персонала.

Самостоятельно отключать или включать электроустановки дежурному персоналу запрещается, за исключением тех случаев, когда ему угрожает явная опасность, а также при пожаре и стихийных бедствиях и когда нет времени или возможности установить связь с дежурным диспетчером. В этих случаях дежурный персонал может самостоятельно выполнять отключения, которые ему представляются необходимыми, после чего он должен в наикратчайший срок поставить об этом в известность вышестоящий персонал.

При наличии на установке двух или более дежурных переключения выполняют два человека, из которых один непосредственно занят переключениями, а второй контролирует правильность и последовательность операций.

При одиночном дежурстве или при эксплуатации комплектных распределительных устройств (КРУ и КТП) операции по переключениям разрешается выполнять единолично. Но один дежурный не во всех случаях имеет право накладывать и снимать заземления. Одному дежурному разрешается накладывать заземление только при условии, что он пользуется для этой цели стационарными заземляющими ножами с механическим приводом или применяет на выводах отключенных линий напряжением

до 35 кВ включительно специальную штангу из изолированного материала, которой можно не только наложить, но закрепить и снять переносные заземления стоя на полу или на земле.

Наложение и снятие переносных заземлений делают вдвоем. Переключения на электроустановках выполняют по возможности при наименьшей нагрузке и не в конце смены, когда персонал утомлен и может допустить ошибки.

Для выполнения сложных переключений на электроустановках применяются бланки переключений, в которые дежурный исполнитель записывает полученное распоряжение и порядок его исполнения.

Все простые переключения, а также сложные в РУ, оборудованных блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, выполняют без бланков переключений.

Дежурный должен отдавать себе ясный отчет в правильности выполняемых операций и в случае малейшего сомнения в их правильности обязан, не выполняя операции, сообщить об этом лицу, отдавшему распоряжение, и обратиться к нему за разъяснением. Если после этого распоряжение будет подтверждено, то дежурный обязан его выполнить. Исключение допускается в случаях, когда принимающий дежурный видит, что исполнение распоряжения ведет к явной опасности для людей или грозит повреждением оборудования. В этом случае он ставит в известность передающего распоряжение о своем отказе его исполнить и немедленно сообщает вышестоящему начальству о происшедшем.

Разрешается одновременно передавать и принимать только одно распоряжение, понимая под ним ряд операций, нужных для достижения определенного изменения схемы. Следующее распоряжение может быть передано только после исполнения предыдущего.

Сдача и приемка дежурств. Каждый дежурный, придя на работу, принимает смену от предыдущего дежурного, а после окончания дежурства сдает смену следующему по графику дежурному. Уходить с дежурства без сдачи смены и принимать ее без надлежащего оформления запрещается. При приемке смены дежурный знакомится с состоянием, схемой и режимом работы всего оборудования на своем участке в объеме, установленном должностной инструкцией.

Принимающий узнает от сдающего об оборудовании, за которым необходимо вести тщательное наблюдение для предупреждения аварий или неполадок, просматривает наряды и допуски к работе, узнает от сдающего смену об оборудовании, находящемся в ремонте или в резерве, о местах установки временных и переносных заземлений. Принимающий смену проверяет и принимает инструмент, материалы, ключи от помещений, журналы, ведомости, читает все записи и распоряжения за время с предыдущего своего дежурства.

Прием и сдачу оформляют записью в оперативном журнале и в суточной оперативной схеме электрических соединений подписями сдающего и принимающего смену с указанием даты и времени приема-сдачи.

Запрещается принимать и сдавать смену во время ликвидации аварии или во время ответственных переключений и операций.

Обходы и осмотры электрического оборудования. Дежурный персонал смены делает обход и осмотр оборудования. Во время обхода и осмотра он следит за исправностью всего оборудования станции или подстанции, а именно:

1) за состоянием изоляторов в открытых и закрытых распределительных устройствах, обращая особое внимание на изоляторы разъединителей и наблюдая, не появились ли на них хотя бы мелкие трещины или следы перекрытия;

2) за нагревом контактов шин, разъединителей, контактов проходных изоляторов масляных выключателей, трансформаторов и другой аппаратуры;

3) за уровнем масла во всей маслонаполненной аппаратуре (масляные выключатели, трансформаторы и т. д.) по соответствующим масломерным стеклам;

4) за ненормальным гулом трансформаторов, за появлением треска или коронирования на том или ином оборудовании подстанции;

5) за очисткой снега с изоляторов и других частей аппаратуры, не находящейся под напряжением (зимой на открытой части подстанции);

6) за появлением инея на частях аппаратуры открытой подстанции, а также аппаратуры в закрытых неотапливаемых помещениях подстанций;

7) за промерзанием стен неотапливаемых помещений и влажностью воздуха, а также за тем, чтобы не

открывались двери на длительное время из отопляемого помещения в неотапливаемое, где находится высоковольтное распределительное устройство (так как это увеличивает влажность воздуха и вызывает заиндевание частей оборудования). При обнаружении заиндевавшей аппаратуры и промерзших стен дежурный монтер сообщает об этом дежурному по району и администрации района;

8) за закрыванием вентиляционных отверстий в ячейках масляных выключателей при наступлении холодов;

9) за очисткой от снега проходов на открытой части подстанции, а также возле наружных дверей всех помещений закрытой подстанции;

10) за состоянием аккумуляторных батарей или батарей гальванических элементов;

11) за исправностью измерительных и контрольных приборов.

Если обнаружены неполадки, требующие немедленного устранения или исправления, дежурные доводят это до сведения вышестоящего дежурного или руководства и в зависимости от характера необходимого ремонта выполняют его сами или вызывают ремонтную бригаду. При осмотре запрещается выполнять какие-либо операции.

§ 4. АВАРИИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НИМИ

Каждое нарушение нормальной работы электроустановок считается аварией.

Аварии делятся на станционные, электросетевые и системные.

К станционным авариям относится:

а) уменьшение электрической энергии, отпускаемой электростанцией потребителям, больше чем на 500 кВт·ч;

б) сброс нагрузки электростанции;

в) повреждение основного оборудования электростанции, вызвавшее выход его из строя или немедленное отключение.

К сетевым авариям относится:

а) ошибочное отключение эксплуатационным персоналом или автоматическими устройствами подстанции

воздушных или кабельных линий, вызвавшее уменьшение отпускаемой потребителям электрической энергии более чем на 500 кВт·ч для сетей напряжением 15 кВ и выше и более чем на 100 кВт·ч для сетей напряжением 2—10 кВ;

б) повреждение основного оборудования, вызвавшее выход его из строя или немедленное отключение.

Потребительскими отключениями считаются:

а) отключение линии электропередачи по вине потребителя;

б) отключение линии электропередачи вследствие неправильных действий эксплуатационного персонала или неправильной работы релейной защиты.

Погашением установок считается перегорание предохранителей или отключение масляных выключателей на стороне высокого и низкого напряжения трансформатора вследствие короткого замыкания в распределительной сети низкого напряжения.

К основным мерам борьбы с авариями следует отнести четкое выполнение правил устройства электроустановок, правил эксплуатации и техники безопасности.

1. Не допускать повреждения изоляции токоведущих частей электрических устройств:

а) соблюдать допустимые расстояния между изоляторами и проводами, а также поддерживать в чистоте изоляторы;

б) не допускать перекрытий, вызванных грозой, то есть правильно и своевременно устанавливать молниезащиту и следить за ней;

в) предупреждать механические повреждения кабельных линий в РУ и т. д.

2. Своевременно проводить плановые ревизии, обходы, текущие и капитальные ремонты, чтобы предупреждать падение и поломки опор, ведущие к коротким замыканиям.

3. Правильно выполнять пролеты линий электропередач, выбирать сечения проводов и проводить их расчет на механическую нагрузку от собственного веса, ветра, гололеда и т. д.

4. В трансформаторах своевременно проводить испытания масла, а в генераторах следить за состоянием обмоток и не допускать внутренних повреждений их.

5. Четко выполнять правила техники безопасности и технической эксплуатации, знать схемы коммутации, порядок и последовательность различных переключений и т. д.

Большое значение имеют также предупредительные плакаты и надписи на рабочих местах.

При возникновении аварии эксплуатационный персонал должен немедленно приступить к ликвидации ее, чтобы сократить аварийные перебои в снабжении электрической энергией. Успешные действия работников по ликвидации аварии зависят от знаний ими схем электроустановок и подготовленности их к устранению аварий.

Статистикой установлено, что значительная часть аварий на электроустановках происходит по вине обслуживающего персонала. Причинами таких аварий служат нарушения правил технической эксплуатации оборудования и правил техники безопасности. Во время ликвидации аварий необходимо соблюдать общие правила техники безопасности при работе в установках высокого напряжения.

Работы по ликвидации последствий аварии бригады выполняют по нарядам, а в случае необходимости аварийные бригады работают без нарядов — по устному, письменному или телефонному распоряжению дежурного электроустановки с обязательным занесением распоряжения в журнал дежурств.

Перед началом работы по устранению аварии снимают напряжение, устанавливают защитные заземления, вывешивают плакаты, ограждают место работы.

Аварийная бригада не имеет права выполнять какие-либо переключения в сети без распоряжения дежурного персонала, чтобы исключить возможную подачу напряжения на участок, где работает другая ремонтная бригада. Если работа происходит вдали от места дежурства, аварийная бригада поддерживает телефонную связь с дежурным и сообщает ему о всех переключениях, результатах осмотра, испытаний и т. д.

На электроснабжающих предприятиях ведется строгий учет аварий. Изучаются причины их возникновения и разрабатываются противоаварийные указания на основе статистических данных по предыдущим авариям. О результатах расследования аварии составляют акт с указанием в нем всех выявленных обстоятельств.

1. Что называется аварией и как их классифицируют?
2. Назовите основные причины аварий.
3. Каков порядок ликвидации аварий?
4. Назовите наиболее распространенные виды аварий и повреждений в сельских электрических сетях 6—10—35 кВ.
5. Какие меры должен принять эксплуатационный персонал для ликвидации аварии?
6. Какие требования предъявляются к эксплуатационному персоналу, обслуживающему электрические установки?
7. Каков порядок проверки технической подготовленности персонала сельских электроустановок? Кто получает допуск к работе?
8. Назовите методы работы по повышению квалификации эксплуатационных работников?
9. Каковы цель и порядок проведения противоаварийных тренировок?
10. Как и в какой последовательности выполняют переключения в электроустановках?
11. Каков порядок сдачи и приемки дежурств?

Лабораторная работа 18

Разбор аварийного состояния на электроустановке и составление отчета об аварии

Цель работы. Научиться по характерным признакам определять аварийный режим и находить пути к устранению аварии.

План работы. 1. По схеме, данной преподавателем, определить место и характер неисправности или аварии в элементах электрического оборудования.

2. Проанализировать признаки, по которым определяется авария, и наметить пути ее ликвидации.

3. По журналу учета аварий составить отчет и наметить противоаварийные указания.

Пояснения к работе. Для определения аварийного режима следует проследить работу релейной защиты, предохранителей и других автоматических устройств. Обратить особое внимание на изменение параметров электроустановки (U , φ , I) в различных точках цепи.

При разборе аварийного состояния определить причины возникновения аварии, виновников аварии и ее классификационную группу.

§ 1. ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Надежность электроснабжения — способность электрической системы снабжать электрической энергией потребители при любой создавшейся ситуации. Внезапные перерывы в электроснабжении предприятий сельскохозяйственного производства, работающих на промышленной основе, крупных птицефабрик и т. п. вызывает дезорганизацию производства и наносит значительный материальный ущерб.

Один из эффективных способов повышения надежности электроснабжения — рациональная организация эксплуатации: строгое соблюдение обслуживающим персоналом «Правил технической эксплуатации» и, в частности, сроков проведения обходов воздушных линий, осмотров комплектных понизительных подстанций. Надежность электроснабжения определяется и такими факторами, как система оперативного обслуживания и организация текущих и капитальных ремонтов.

Одним из серьезных резервов повышения электроснабжения является применение кабелей в сельских распределительных сетях напряжением 0,38 кВ, применение новых изоляционных конструкций и материалов. В настоящее время для сельского хозяйства разработаны облегченные конструкции кабелей в полихлорвиниловой оболочке и с полихлорвиниловой изоляцией в полиэтиленовой оболочке на напряжение 500—600 В. Разработаны также простые и надежные конструкции соединений, ответвлений и разделок для кабелей.

§ 2. ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ИХ СНИЖЕНИЮ

Сельскохозяйственные электрические сети характеризуются большой протяженностью. На передачу электроэнергии по таким сетям расходуется до 20% всей электроэнергии, потребляемой в сельском хозяйстве. Поэтому необходимо уделять значительное внимание снижению потерь в линиях электропередачи.

Вопрос о повышении пропускной способности существующих сельских сетей и уменьшении в них потерь с учетом роста нагрузки решается применительно к каждому конкретному случаю. При этом необходимо рассматривать наиболее целесообразные способы реконструкции сетей с использованием как естественных, так и искусственных методов снижения потерь электроэнергии.

К числу целесообразных способов реконструкции сетей можно отнести следующие.

Для сетей 380/220 В: а) сооружение дополнительных потребительских трансформаторных подстанций;

б) увеличение количества магистральных линий;

в) перевод неполнофазных участков сети на работу по трехфазным линиям;

г) замена существующих проводов на провода большей проводимости;

д) компенсация реактивной мощности.

Для сетей 6—10 кВ: а) увеличение числа отходящих линий;

б) применение устройств регулирования напряжения под нагрузкой на подстанциях 110—35/6—10 кВ;

в) перевод электрических сетей на более высокое напряжение (в частности, на напряжение 20—35 кВ);

г) строительство дополнительных подстанций 35 и 110 кВ;

д) увеличение сечения проводов;

е) компенсация реактивной мощности.

Для сетей 35 кВ: а) применение дополнительных устройств регулирования напряжения под нагрузкой;

б) перевод подстанций на напряжение 110 кВ;

в) сооружение новых воздушных линий, питающихся от других источников, или параллельно существующим в случае отсутствия другого источника;

г) увеличение сечений проводов;

д) компенсация реактивной мощности.

Для уменьшения потерь электроэнергии широко применяется передача ее на повышенном напряжении. С этой целью в большинстве случаев действующие линии 6 кВ переводят на напряжение 10 кВ. Напряжение 6 кВ применяется только в отдельных случаях, например для расширения существующих распределительных сетей.

В районах, где проходят линии 110 кВ, для снабжения электроэнергией прилегающих населенных пунктов целесообразно трансформировать напряжение непосредственно со 110 кВ.

Применяются также подстанции глубокого ввода с трансформаторами 35/0,4 кВ без промежуточных сетей 6—10 кВ. Такие схемы уменьшают расход проводникового материала и сокращают потери мощности.

С целью уменьшения потерь электроэнергии и экономии проводникового материала экономически целесообразный радиус действия линии электропередачи напряжением 10 кВ (по данным ВНИИЭ) должен находиться в пределах 10—15 км с плотностью нагрузки 200—600 Вт/га при ежегодном приросте нагрузок до 7%. Число линий распределительных сетей при этом должно увеличиться до 5—7, а их суммарная мощность должна составлять не более 2500—3000 кВ·А.

В большинстве случаев экономичнее снабжать сельские потребители электрической энергией от сетей электрических систем. Расчет показывает, что для районов европейской части СССР электроснабжение сельских потребителей суммарной мощностью 500—2000 кВт экономически целесообразно осуществлять от сетей энергетических систем при расстоянии от источника питания 60 км и менее.

Для уменьшения потерь электроэнергии в низковольтных сетях силовые трансформаторы размещают в центре электрических нагрузок.

Наименьшие затраты на сооружение и эксплуатацию электрических линий обеспечиваются при выборе их по экономической плотности тока.

Напряжения в сельской сети целесообразно регулировать централизованным способом: 1) генераторами небольших станций; 2) регулируемые под нагрузкой трансформаторами понижающих районных подстанций, питающих сельские сети; 3) линейными регуляторами

(вoltage-deregulating autotransformers with RPN), включаемыми в цепь отдельных линий с неоднородной нагрузкой.

При встречном регулировании напряжения на шинах вторичного напряжения районных подстанций, питающих сельские сети, при зоне нечувствительности регулятора в пределах от 1,5 до 2% и при допустимых значениях отклонений от номинального напряжения электроприемников в пределах $\pm 5\%$ могут быть допущены следующие значения расчетных потерь напряжения: в сети среднего напряжения — 10%, в сети 380 В — 6—7%. При этом потребительские трансформаторы должны иметь регулировочные ступени по 2,5%. При больших регулировочных ступенях значения расчетных потерь напряжения в сети 380 В должны быть соответственно снижены.

При отсутствии трансформаторов с автоматическим регулированием напряжения под нагрузкой необходимо правильно использовать и постоянно фиксировать положение переключателей на этих трансформаторах. Для этого периодически по установленному графику проверяют напряжение сети, не допуская, чтобы пределы колебаний отличались от норм.

Применение регулируемых под нагрузкой потребительских трансформаторов и последовательное включение в линии сельской сети линейных регуляторов можно допускать только в исключительных случаях, когда для этого есть соответствующие обоснования.

Для улучшения режима работы сельских сетей существенное значение имеет применение конденсаторов, предназначенных для установки на открытом воздухе. При этом применяются поперечно и продольно включенные конденсаторы.

Наиболее существенное значение имеет применение поперечно включаемых батарей конденсаторов, часть из которых должна быть управляемой, то есть со ступенчатым регулированием мощности. При достаточно протяженных сетях с существенным потреблением реактивной мощности применение поперечно включенных конденсаторов дает заметный эффект. При этом не только компенсируется потребляемая реактивная мощность, но и снижаются потери напряжения в сети, уменьшаются потери активной и реактивной мощности и потери энергии. Возможно также снижение расхода цветного металла проводов в связи с уменьшением их сечений.

В ряде случаев в сельских сетях можно применять продольно включенные конденсаторы. Наиболее обосновано применение продольной компенсации в следующих случаях: а) при резко переменной ударной нагрузке, когда требуется снижение колебаний напряжения; б) при протяженных воздушных линиях сети.

В сельскохозяйственном электроснабжении на районных подстанциях и непосредственно у потребителей устанавливают распределительные трансформаторы напряжением 10/0,4 кВ.

Загрузка этих трансформаторов в течение суток очень неравномерна. В ночное время, а иногда и днем они работают почти вхолостую. В вечернее время (особенно зимой) наблюдаются пики нагрузки, превышающие номинальную мощность трансформаторов. При неравномерном графике нагрузок коэффициент полезного действия трансформатора снижается, увеличиваются потери и ухудшается средневзвешенный коэффициент мощности.

Потери электрической энергии в трансформаторах неизбежны, но значение этих потерь можно довести до минимума путем правильного выбора мощности и числа трансформаторов и рационального режима их работы.

§ 3. ПОТЕРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ У ПОТРЕБИТЕЛЕЙ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Потери электроэнергии в двигателях. Электродвигатели выбирают так, чтобы их тип и мощность строго соответствовали сельскохозяйственной машине. Иногда при эксплуатации некоторые двигатели оказываются незагруженными. При анализе их работы выясняется, что рабочая машина используется не на полную мощность, поэтому электродвигатель работает с недогрузкой или мощность двигателя значительно выше той, которая нужна для рабочей машины. В обоих случаях наблюдается резкое снижение значения коэффициента мощности и растут потери реактивной мощности и электроэнергии.

Чтобы исключить работу сельскохозяйственных машин с электроприводом вхолостую из-за неправильного расположения пусковой аппаратуры, последнюю располагают вблизи работающей машины.

В условиях эксплуатации необходимо обращать внимание на конструктивные особенности электродвигателей. Электродвигатели с подшипниками скольжения имеют худший $\cos \phi$ и более низкий к. п. д., чем электродвигатели с шариковыми и роликовыми подшипниками. Это объясняется тем, что для повышения надежности эксплуатации электродвигатели с подшипниками скольжения изготавливают с воздушным зазором, большим чем у электродвигателей с шариковыми подшипниками.

В сельском электроснабжении должное внимание следует уделять качеству электроэнергии. Согласно правилам технической эксплуатации, напряжение на зажимах электроприемников в любом пункте сети при любом режиме ее нагрузки не должно отклоняться от номинального более чем на 7,5%.

При снижении напряжения на зажимах электродвигателей снижается производительность работы приводимых двигателями производственных механизмов. Расход электроэнергии на изготовление продукции в этом случае резко возрастает.

Повышение напряжения на зажимах двигателя приводит к увеличению потребляемой им реактивной мощности. В среднем на каждый процент повышения напряжения потребляемая реактивная мощность увеличивается на 3% и более.

В случае несимметрии напряжений у электроприемников появляются токи нулевой и обратной последовательностей, которые способствуют увеличению суммарных токов в отдельных фазах элементов сети, что, в свою очередь, приводит к увеличению потерь мощности и электроэнергии.

Потери электроэнергии в осветительных установках. В сельском хозяйстве расход электроэнергии на освещение жилых домов и производственных помещений достигает 50% общего потребления электроэнергии, поэтому вопросам снижения потерь в осветительных установках уделяют большое внимание. Для различных помещений и производственных процессов сельского хозяйства требуется определенная освещенность. Поэтому мощность и тип ламп, а также размещение светильников должны строго соответствовать проекту.

Одним из основных условий в борьбе за экономию электроэнергии является содержание электроламп и

осветительной арматуры в чистоте. Пыль, копоть, оседающие на электролампах и арматуре, резко снижают освещенность. Практика показывает, что загрязненная лампа и арматура уменьшают освещенность в 1,5—2 раза.

Чистые стены и потолки помещений, окрашенные в светлые тона, значительно повышают эффективность электрического освещения.

Иногда вследствие недосмотра или отсутствия специального фонарного провода в колхозах и совхозах круглосуточно горят лампы уличного освещения. Чтобы бороться с этим, предусматривают централизованное включение и отключение освещения и автоматическое управление наружным освещением.

Мероприятия по эффективности использования электрической энергии. Одним из важнейших условий рационального использования электрической энергии в сельском хозяйстве является внедрение автоматизации производственных процессов. Автоматизация позволяет повысить технический уровень сельскохозяйственного производства, обеспечить точно заданный технологический процесс, снизить себестоимость продукции, кроме того, она способствует достижению наиболее высокой производительности труда, что непосредственно связано со снижением удельных расходов электроэнергии на единицу сельскохозяйственной продукции.

Общий расход электроэнергии электроприемников по хозяйству складывается из расходов энергии, затрачиваемой непосредственно на выполнение основного технологического процесса, и расходов энергии на вспомогательные нужды (освещение, вентиляция, внутрицеховые потери в сетях, внутрицеховой транспорт и пр.). Следовательно, разумным использованием нормативов по расходу электроэнергии на вспомогательные нужды можно существенно снизить потребление электроэнергии на единицу сельскохозяйственной продукции в целом по хозяйству.

Расход электроэнергии на механизмы основного производства определяют путем непосредственных измерений потребляемой мощности или расчетным путем (по данным о номинальной мощности агрегатов, коэффициентах нагрузки и продолжительности работы за смену, сутки, месяц).

Анализ результатов измерений или расчетных данных позволяет судить о рациональном использовании как машин, агрегатов, так и электрооборудования. При анализе расхода электроэнергии в сельскохозяйственном производстве приходится учитывать влияние сезонных факторов, когда потребление электроэнергии на единицу продукции значительно повышается. При этом необходимо установить уточненные удельные нормы расхода электроэнергии на осенне-зимние и весенне-летние периоды.

§ 4. КОЭФФИЦИЕНТ МОЩНОСТИ И СПОСОБЫ ЕГО УЛУЧШЕНИЯ

Практические данные по коэффициенту мощности в сельскохозяйственных предприятиях. Коэффициент мощности — один из наиболее важных показателей электроэнергетической системы, хотя в настоящее время его значение для сельскохозяйственных потребителей не нормируется.

При низком коэффициенте мощности ($\cos \varphi$) не полностью используются мощности генераторов и трансформаторов.

Коэффициент мощности характеризует потребление электроприемником реактивной мощности. Численно коэффициент мощности равен косинусу угла сдвига фаз между напряжением и током цепи данного электроприемника. Различают мгновенное и средневзвешенное значения коэффициента мощности. Мгновенное значение $\cos \varphi$ измеряют фазометром или определяют по формуле

$$\cos \varphi = \frac{1000 P}{\sqrt{3} UI},$$

где P — активная мощность электроприемника, кВт;
 U — линейное напряжение, В;
 I — линейный ток, А.

Средневзвешенным значением коэффициента мощности ($\cos \varphi_{\text{ср.вз}}$) пользуются при расчетах за электроэнергию и расчетах при выборе компенсационных установок. Этот коэффициент на основании показаний счетчиков активной и реактивной энергии за

определенный промежуток времени (час, сутки, месяц, год) определяют по формуле

$$\cos \varphi_{\text{ср.вз}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{W_p}{W_a}\right)^2}},$$

где W_p — суммарное потребление реактивной энергии;
 W_a — суммарное потребление активной энергии.

Вычисленный по этой формуле $\cos \varphi_{\text{ср.вз}}$ называют общим средневзвешенным $\cos \varphi$ предприятия (мастерской, фермы и группы электроприемников), так как при его подсчете учитывается работа устройств для искусственной компенсации реактивной мощности.

Средневзвешенный $\cos \varphi_{\text{ср.вз}}$, вычисленный без учета искусственной компенсации реактивной мощности, называется естественным $\cos \varphi_{\text{ест}}$ предприятия (мастерской, фермы, группы электроприемников) и определяется по формуле

$$\cos \varphi_{\text{ест}} = \sqrt{\frac{1}{1 + \left(\frac{W_p + W_k}{W_a}\right)^2}},$$

где W_k — суммарные показания реактивных счетчиков компенсирующих устройств.

Причины и последствия низкого значения коэффициента мощности. Наибольшее влияние на значение коэффициента мощности оказывают асинхронные двигатели, так как они всегда нуждаются в намагничивающем токе. Поэтому эти двигатели работают с коэффициентом мощности ниже единицы.

Значение коэффициента мощности асинхронных двигателей зависит от степени их загрузки. Недогрузка двигателей значительно снижает их коэффициент мощности. Это может быть объяснено следующими причинами. Намагничивающий ток асинхронного двигателя, а следовательно, и реактивная мощность при неизменной нагрузке изменяются незначительно, активная же мощность изменяется пропорционально механической нагрузке на валу. При уменьшении нагрузки асинхронного двигателя соответственно уменьшается потребляемая активная мощность при незначительном уменьшении реактивной мощности. В этом случае коэффициент мощности электродвигателя снижается. Так, если асинхрон-

ный двигатель с номинальной мощностью 55 кВт, напряжением 380 В, 1480 об/мин при коэффициенте полезного действия 0,89 потребляет из сети при полной нагрузке 60 кВт активной мощности и 29 квар реактивной мощности, то он имеет коэффициент мощности 0,9.

Тот же двигатель при половинной нагрузке потребляет 32 кВт активной мощности и 23 квар реактивной мощности и имеет при этом коэффициент мощности, равный 0,81.

Коэффициент мощности асинхронных двигателей при холостом ходе очень мал и составляет 0,1—0,25.

Слабая нагрузка трансформаторов также вызывает понижение коэффициента мощности предприятия. При холостом ходе коэффициент мощности трансформатора снижается до 0,1—0,2. Следует иметь в виду, что наиболее резкое снижение коэффициента мощности трансформаторов наблюдается при загрузке их менее 60% от их номинальной мощности.

Так, при снижении загрузки трансформаторов с 40 до 20% от их номинальной мощности $\cos \varphi$ уменьшается на 0,08—0,09, а при снижении загрузки от номинальной до 60% коэффициент мощности трансформаторов уменьшается лишь на 0,01—0,02.

Сварочные трансформаторы в связи с резко переменной нагрузкой и значительным количеством холостых ходов имеют коэффициент мощности 0,3—0,4.

Низкий коэффициент мощности влечет за собой такие последствия.

1. Увеличение потерь электроэнергии на нагревание кабелей и проводов сетей и обмоток электрических машин. При одной и той же передаваемой активной мощности ток тем больше, чем меньше коэффициент мощности. А так как потери мощности на нагревание пропорциональны квадрату тока, то уменьшение коэффициента мощности, вызывающее увеличение тока, приводит к увеличению потерь электроэнергии. Так, при одной и той же передаваемой активной мощности в случае снижения коэффициента мощности с 0,9 до 0,7, то есть в 1,29 раза, потери мощности (а следовательно, и электроэнергии) возрастут в 1,66 раза.

2. Увеличение сечения и массы кабелей и проводов. Уменьшение коэффициента мощности при передаче одной и той же активной мощности вле-

чет за собой вследствие повышения силы тока необходимость увеличения сечения (а следовательно, и массы) кабелей и проводов. Например, для орошения при передаче активной мощности в 4000 кВт с напряжением 6 кВ от трансформаторной подстанции, расположенной в 1 км от электроприемника, при снижении коэффициента мощности с 0,9 до 0,7 потребуется увеличить массу меди в кабелях примерно на 60%.

3. Увеличение полной мощности генераторов на станциях, неполное использование мощности первичных двигателей, увеличение полной мощности трансформаторов.

У трансформаторов при уменьшении коэффициента мощности потребителей уменьшается пропускная способность активной мощности вследствие повышения реактивной. Для передачи потребителям 1000 кВт активной мощности при $\cos \varphi = 1$ понадобится трансформатор мощностью 1000 кВ·А. Если же коэффициент мощности уменьшится до 0,6, то для передачи той же активной мощности потребуется трансформатор 1600 кВ·А. Ухудшение коэффициента мощности приводит также к тому, что первичные двигатели у генераторов на станциях оказываются загруженными не полностью. Это понижает их коэффициент полезного действия и ухудшает эксплуатационные характеристики всей установки.

4. Увеличение колебания напряжения в сети. Как указывалось выше, уменьшение коэффициента мощности при одной и той же передаваемой активной мощности приводит к повышению силы тока, а следовательно, к увеличению потери напряжения, что вызывает понижение напряжения у потребителей.

Таким образом, низкий коэффициент мощности представляет собой отрицательный фактор как для предприятий энергоснабжающей организации, так и для сельскохозяйственных предприятий.

Из сказанного становится понятным, насколько велико значение повышения коэффициента мощности во всех звеньях энергетической системы, в том числе и на сельскохозяйственных предприятиях.

Способы повышения коэффициента мощности электроприемников. В целях повышения коэффициента мощности в сельском хозяйстве особое внимание должно быть обращено на правильный выбор как электро-

двигателей (по мощности и по типу), так и распределительных трансформаторов.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве значительное распространение начинают получать синхронные двигатели, применение которых представляет собой один из способов повышения коэффициента мощности.

С целью снижения потребления реактивной мощности на действующих электрических установках в сельском хозяйстве в первую очередь должны быть проведены мероприятия по улучшению использования электрооборудования и упорядочения технологического процесса.

Мероприятия по повышению коэффициента мощности можно разделить на следующие группы:

- а) уменьшение потребления реактивной мощности приемниками электрической энергии без применения компенсирующих устройств;
- б) применение компенсирующих устройств.

Мероприятия по уменьшению потребления приемниками реактивной мощности должны рассматриваться в первую очередь, поскольку для их осуществления, как правило, не требуется значительных капитальных затрат. К ним относятся следующие:

- 1) правильный выбор электродвигателей по мощности и типу;
- 2) замена мало загруженных асинхронных двигателей двигателями меньшей мощности;
- 3) переключение недогруженных асинхронных двигателей с треугольника на звезду;
- 4) ограничение холостого хода электродвигателей;
- 5) повышение качества ремонта двигателей;
- 6) замена мало загруженных трансформаторов.

Рассмотрим эффективность этих мероприятий.

1. Правильный выбор электродвигателей по мощности и типу. Мощность электродвигателей следует выбирать в соответствии с режимом производственного оборудования, не допуская излишних запасов мощности.

Асинхронный двигатель работает с наилучшим коэффициентом полезного действия и коэффициентом мощности при загрузке от 0,75 до номинальной мощности. При одинаковых мощностях, частоте вращения и типах исполнения асинхронные двигатели с короткозамкну-

тым ротором имеют более высокий $\cos \varphi$ (примерно в 1,04—1,05 раза выше) и более высокий к. п. д. (примерно в 1,03 раза больше), чем двигатели с фазным ротором. Поэтому в сельском хозяйстве рекомендуется применять асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

В сельскохозяйственном производстве не следует устанавливать электродвигатели закрытого типа с худшими энергетическими показателями в тех помещениях, в которых по условиям окружающей среды допускается установка электродвигателей открытого или защищенного исполнения.

Учитывая, что из общей потребляемой сельским хозяйством реактивной мощности около 65% приходится на долю асинхронных двигателей, необходимо обратить особое внимание на правильный выбор их по мощности и по типу еще в стадии проектирования с тем, чтобы избежать в процессе эксплуатации потребления избыточной мощности.

Для вновь проектируемых установок с электродвигателями мощностью выше 100 кВт в ряде случаев рационально и экономично применять синхронные двигатели, если они допускаются по условиям производства.

2. Ограничение холостого хода работающих асинхронных двигателей. Работа большинства асинхронных двигателей характерна тем, что в перерывах между нагрузками они вращаются на холостом ходу. Для ряда потребителей продолжительность работы двигателей на холостом ходу достигает 50—65% продолжительности всей работы. Если промежутки работы на холостом ходу достаточно велики, то целесообразно на это время отключать двигатель от сети. Потребление активной и особенно реактивной энергии при этом значительно уменьшится. В случае применения ограничителей холостого хода их экономическую эффективность можно определить по графикам активной и реактивной мощности, потребляемой асинхронными двигателями.

3. Контроль за нагрузкой трансформаторов. Несмотря на то, что реактивная мощность, расходуемая на намагничивание трансформатора, сравнительно невелика, с ней приходится считаться из-за значительного количества трансформаторов, установ-

ленных в сельском хозяйстве, при непрерывной работе их в течение суток.

Отношение реактивной мощности, расходуемой на намагничивание трансформатора, к его загрузке уменьшается по мере увеличения нагрузки. Коэффициент мощности в сети, от которой питается трансформатор, увеличивается с ростом нагрузки. Поэтому необходимо строго следить за нагрузкой всего предприятия в целом (колхоза, совхоза, отделения, мастерской и т. д.) и каждого трансформатора в отдельности.

Если рассмотренные выше мероприятия по повышению $\cos \varphi$ не обеспечивают номинальных значений коэффициента мощности, то устанавливают компенсирующие устройства: конденсаторы или синхронные компенсаторы.

В виде исключения в отдельных случаях допускается:

а) использование имеющихся синхронных генераторов и синхронных двигателей в качестве синхронных компенсаторов;

б) синхронизация асинхронных двигателей при нагрузке их на валу ниже 70%.

§ 5. СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ

В сельском электроснабжении следует применять наиболее простые и экономичные схемы, в частности схемы с групповой защитой конденсаторов. При мощности батареи до 400 квар нужно применять схемы с предохранителями и выключателями нагрузки во всех случаях, когда это допустимо параметрами сети.

Выключатель конденсаторной батареи проверяют на ток включения батареи или ее секции на параллельную работу с другой батареей.

Обычно батареи конденсаторов включают в сеть трехфазного тока треугольником.

При отключении конденсаторов необходимо, чтобы запасенная в них энергия разрядилась на активное сопротивление, значение которого должно быть таким, чтобы при отключении не возникало перенапряжений на зажимах конденсаторов.

В целях экономии электрической энергии разрядные сопротивления при работе конденсаторной батареи должны быть отключены. При отключении конденсаторных

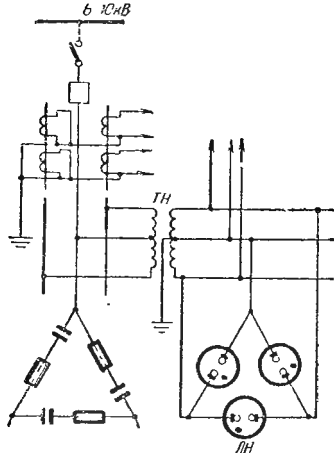


Рис. 61. Схема включения батареи статических конденсаторов под отдельный выключатель:

ТН — трансформатор напряжения.

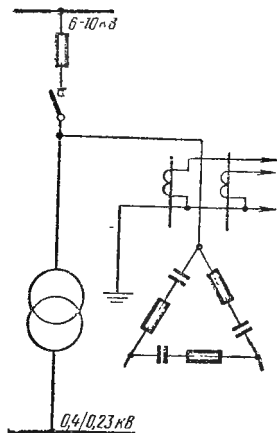


Рис. 62. Схема включения батареи статических конденсаторов под выключатель нагрузки потребителя.

батарей разрядные сопротивления должны включаться автоматически для обеспечения разряда запасенной энергии в конденсаторах.

Значение разрядного сопротивления $R_{\text{раз}}$ подсчитывают по формуле

$$R_{\text{раз}} = 15 \cdot 10^6 \frac{U^2}{Q},$$

где U — фазное напряжение электрической сети, кВ;
 Q — мощность батареи конденсаторов, квар.

Потери активной мощности в разрядных сопротивлениях при номинальном напряжении не должны превышать 1 Вт на 1 квар мощности батареи.

В качестве разрядного устройства при напряжении до 380 В включают лампы накаливания, при напряжении 500 В и выше применяют трансформаторы напряжения. Устанавливать предохранители и рубильники в цепи разрядных сопротивлений запрещается.

Схемы присоединений батарей конденсаторов на напряжение 6—10 кВ приведены на рисунках 61 и 62.

§ 6. ОБЪЕМ И НОРМЫ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ($\cos \varphi$)

Правилами устройства электроустановок предусматриваются приемо-сдаточные испытания конденсаторов в следующем объеме.

1. Измерение сопротивления изоляции мегомметром на 2500 В. Значение сопротивления изоляции между выводами и относительно корпуса $\frac{R_{60}}{R_{15}}$ не нормируется.

2. Измерение емкости, которая не должна отличаться от паспортной на 16% для конденсаторов на рабочее напряжение 6,3 кВ и на 9% для конденсаторов на напряжение 10 кВ.

Емкости отдельных фаз конденсаторов не должны отличаться между собой более чем на 5%. Уменьшение емкости сверх нормированных значений свидетельствует об обрыве токоведущих частей конденсатора, а увеличение — о частичном пробое секции.

При сравнении значений емкости, измеренных при различных температурах, следует вводить температурные поправки, составляющие 0,5—0,65% на каждые 10° изменения температуры (с ростом температуры емкость увеличивается).

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Продолжительность приложения напряжения 1 мин.

Если нет источника напряжения достаточной мощности, испытания переменным током можно заменить испытаниями выпрямленным током удвоенного значения.

Изоляцию фарфоровой подставки испытывают напряжением 70 кВ промышленной частоты.

4. Испытания батареи силовых конденсаторов трехкратным включением на номинальное напряжение с контролем силы тока во всех фазах. Разница токов в фазах не должна превышать 5%. Перед испытанием проверяют целостность фарфора, убеждаются, что все болтовые соединения надежны, нет подтеков масла, вспучивания банок и т. п.

§ 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Батареи статических конденсаторов для повышения коэффициента мощности обслуживает дежурный персон

нал подстанции, к которой присоединена батарея. Не реже одного раза в месяц конденсаторные установки осматривают без отключения. При осмотрах проверяют исправность цепи разряда, убеждаются в отсутствии вспучивания стенок банок конденсаторов и трещин на изоляторах, в целостности плавких вставок предохранителей и т. п.

Дежурный персонал должен отключать конденсаторную установку от сети при следующих обстоятельствах.

- а) при напряжении на шинах, к которым присоединены конденсаторы, превышающем 110% номинального напряжения конденсаторов;
- б) при температуре окружающего воздуха, превышающей наивысшую температуру, допустимую для конденсаторов данного типа;
- в) при вспучивании стенок конденсаторов;
- г) при неравномерности нагрузки фаз конденсаторной установки более 10%;
- д) при увеличении силы тока батареи более чем на 15% от номинального значения.

Отсутствие замыкания между корпусом и зажимами конденсаторов проверяют мегомметром на 1000 или 2500 В отдельно по каждому конденсатору или по всей установке одновременно. Мегомметр включают между закороченными зажимами конденсаторов и заземленным корпусом. Сопротивление изоляции не нормируется. Незначительное просачивание масла из изолятора работающего конденсатора неопасно; отключение конденсатора при этом не требуется. Брать пробы масла и доливать масло в банки при эксплуатации конденсаторов не разрешается.

Осмотр и текущий ремонт конденсаторов, присоединенных непосредственно к зажимам трансформаторов или электродвигателей, проводят одновременно с осмотром и ремонтом этих трансформаторов или электродвигателей.

Осмотр без отключения при мощности установки до 500 квар проводят не реже одного раза в месяц, свыше 500 квар — не реже одного раза в декаду.

Малый ремонт установок всех напряжений с обязательным отключением выполняют не реже одного раза в год.

§ 8. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ КОНДЕНСАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Конденсатор с исправной изоляцией, находящийся под напряжением, может сохранять электрический заряд в течение продолжительного времени после отключения. Это необходимо учитывать при работах по испытанию конденсаторов, разряжая конденсаторы как после отключения их от сети, так и после каждого испытания и измерения. Опасность прикосновения к заряженному конденсатору тем больше, чем выше напряжение, до которого он заряжен, и чем больше емкость конденсатора. Разряд конденсатора должен проводиться не путем замыкания его зажимов накоротко, а путем присоединения к зажимам какого-либо сопротивления.

При напряжении на зажимах разряжаемого конденсатора до 600 В удобно использовать в качестве разрядного сопротивления вольтметр или несколько ламп накаливания, соединенных последовательно. Разряд конденсаторов, напряжение на зажимах которых в заряженном состоянии превышает 600 В, следует проводить на обмотку какого-либо электрооборудования, например трансформаторов напряжения, или на специально изготовленные проволочные сопротивления. Разряд конденсаторов проводят при помощи разрядной штанги.

В конденсаторных установках напряжением выше 1000 В разрядные сопротивления должны быть постоянно присоединены к конденсаторам без коммутационных аппаратов.

Для конденсаторных установок напряжением до 1000 В рекомендуется работа без постоянно присоединенных разрядных сопротивлений с автоматическим присоединением последних в момент отключения конденсаторов.

Включение и отключение конденсаторных установок напряжением до 1000 В выполняет одно лицо с квалификацией по технике безопасности не ниже второй группы. При этом отключающий аппарат (рубильник, автомат, пускатель) должен быть обеспечен дистанционным управлением или снабжен рычажным приводом, защищенным кожухом, стеной или щитом, выполненным из огнестойкого материала.

Одному лицу с квалификацией по технике безопасности не ниже третьей группы разрешается выполнять сле-

дующие оперативные действия по эксплуатации конденсаторов напряжением выше 1000 В:

а) включение и отключение выключателей, приводы которых имеют дистанционное управление или надежно защищены от выключателя;

б) включение и отключение разъединителей при наличии блокировки, предотвращающей ошибочные действия с разъединителями.

Во всех других случаях включение и отключение конденсаторных установок напряжением выше 1000 В выполняют два лица. Включать и отключать конденсаторные установки напряжением 1000 В и выше при помощи разъединителей запрещается. Перед отключением конденсаторной установки необходимо путем внешнего осмотра убедиться в исправности разрядного устройства. Сгоревшие предохранители можно заменять только при снятом с конденсаторной установки напряжении и при разрядке конденсаторов разрядной штангой. Запрещается снимать или открывать ограждающие устройства при осмотре включенной конденсаторной установки напряжением выше 1000 В.

Контрольные вопросы

1. Как можно уменьшить потери электроэнергии в линиях электропередачи?
2. Какие существуют пути снижения потерь электроэнергии в трансформаторах?
3. Какими факторами вызваны потери электроэнергии в электродвигателях?
4. Как можно уменьшить потери электроэнергии в осветительной сети?
5. В чем заключаются мероприятия по эффективности использования электрической энергии?
6. С какой целью определяют средневзвешенное значение $\cos \varphi$?
7. В чем заключаются причины и каковы последствия низкого значения $\cos \varphi$ электроприемников?
8. Перечислите способы повышения $\cos \varphi$ электроприемников.
9. Объясните особенности выбора электродвигателей по мощности и типу.
10. Как изменяются потери электроэнергии при переключении недогруженных асинхронных электродвигателей с треугольника на звезду?
11. Как влияет холостой ход электродвигателя на изменение потерь электроэнергии?
12. В каких случаях заменяют малозагруженные трансформаторы?
13. Какие схемы включения конденсаторных установок применяются в сельском электроснабжении?

Блидман Ф. А. Организация и ремонт электрических машин и аккумуляторов. М., «Колос», 1972.

Будзко И. А., Гессен В. Ю. Электроснабжение сельского хозяйства. М., «Высшая школа», 1973.

Воскресенский П. В. Техника лабораторных работ. Л., «Химия», 1970.

Зеличенко А. С., Смирнов Б. И. Устройство, эксплуатация и ремонт воздушных линий электропередачи. М., «Высшая школа», 1970.

Инструкция по эксплуатации силовых кабельных линий напряжением до 220 кВ. М., «Энергия», 1966.

Инструкция по эксплуатации ВЛ напряжением до 1000 В. СЦНТИ, 1972.

Колосов С. П., Калмыков И. В. Элементы автоматики. М., «Машиностроение», 1970.

Миловзоров В. В. Электромагнитные устройства автоматики. М., «Высшая школа», 1974.

Можаяев В. Н. Электрооборудование тракторов, автомобилей и комбайнов. Л., «Колос», 1970.

Правила устройства электроустановок. М., «Энергия», 1972.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. М., «Атомиздат», 1974.

Применение электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. Под ред. академика ВАСХНИЛ П. Н. Листова. М., «Колос», 1974.

Пястолов А. А., Большаков А. А. Организация эксплуатации электрооборудования. М., «Колос», 1974.

Справочник по сооружению сетей 0,4—10 кВ. М., «Энергия», 1969.

Сибинин Ю. Д., Барэмбо К. Н., Селетеико И. Б. Эксплуатация и ремонт электрооборудования машиностроительных предприятий. М., «Машиностроение», 1971.

Чиликин М. Г. Электротехнический справочник. М., «Энергия», 1971.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	3
Глава I. Эксплуатация и ремонт воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 В	7
§ 1. Общие положения	7
§ 2. Приемка линий в эксплуатацию	13
§ 3. Соблюдение режимов работы линии по токам нагрузки	14
§ 4. Осмотры воздушных линий	14
§ 5. Измерения и проверки на линиях	16
§ 6. Охрана линий	21
§ 7. Техника безопасности при проведении работ на воздушных линиях	23
Контрольные вопросы	26
<i>Лабораторная работа 1</i>	
Измерение горизонтальных и вертикальных углов тесдо- литом	26
Глава II. Эксплуатация кабельных линий электропередачи	28
§ 1. Общие положения	28
§ 2. Приемка кабельной линии в эксплуатацию	29
§ 3. Соблюдение режимов работы кабельных линий по токам нагрузки	30
§ 4. Осмотры кабельных линий	33
§ 5. Блуждающие токи, их измерение и защита кабелей от коррозии	34
§ 6. Профилактические испытания	36
§ 7. Определение мест повреждений на кабельных линиях	37
§ 8. Прожигание поврежденных мест изоляции кабелей	41
Контрольные вопросы	42
<i>Лабораторная работа 2</i>	
Определение мест повреждения на кабельных линиях	43
Глава III. Эксплуатация распределительных устройств напря- жением выше 1000 В и измерительных приборов	44
§ 1. Общие положения	44
§ 2. Эксплуатация электрооборудования распределительных устройств	45
§ 3. Эксплуатационные испытания электрооборудования рас- пределительных устройств	49

§ 4. Эксплуатация устройств релейной защиты и измерительных приборов	55
§ 5. Ведомственная и государственная поверка измерительных приборов	59
§ 6. Оперативные переключения в установках напряжением выше 1000 В	61
§ 7. Эксплуатация потребительских подстанций	64
§ 8. Эксплуатация заземляющих устройств	65
§ 9. Техника безопасности при эксплуатации распределительных устройств	66
Контрольные вопросы	69
Практические занятия	70
Глава IV. Ремонт оборудования распределительных устройств напряжением выше 1000 В	71
§ 1. Виды, объем и сроки ремонтов распределительных устройств	71
§ 2. Подготовительные мероприятия и организация ремонта	74
§ 3. Неисправности аппаратуры и их устранение	75
§ 4. Испытание коммутационных аппаратов	87
§ 5. Ремонт и испытания комплектных распределительных устройств	89
§ 6. Ремонт реле и приборов	90
§ 7. Правила техники безопасности при проведении ремонтных работ	92
Контрольные вопросы	94
<i>Лабораторная работа 3</i>	
Испытания масляного выключателя ВМП-10 после ремонта	94
Практические занятия	95
Глава V. Эксплуатация силовых трансформаторов	96
§ 1. Общие положения	96
§ 2. Испытания трансформаторов перед включением	98
§ 3. Осмотры и текущие ремонты трансформаторов	99
§ 4. Контроль нагрузки и температуры трансформаторов	100
§ 5. Контроль изоляции трансформаторов	101
§ 6. Сушка трансформаторов	103
§ 7. Требования к трансформаторному маслу	107
§ 8. Сушка, очистка и регенерация масла	109
§ 9. Неисправности силовых трансформаторов	110
Контрольные вопросы	110
<i>Лабораторная работа 4</i>	
Проверка трансформатора перед включением в сеть	111
<i>Лабораторная работа 5</i>	
Определение электрической прочности трансформаторного масла	112
Глава VI. Ремонт силовых трансформаторов	114
§ 1. Сроки и объемы текущих и капитальных ремонтов	114
§ 2. Прием в ремонт и определение объема ремонта	115
§ 3. Разборка трансформатора	115
§ 4. Ремонт обмоток	121

§ 5. Пропитка и сушка обмоток	121
§ 6. Неисправности и ремонт магнитопроводов	122
§ 7. Межоперационный контроль ремонтных работ. Проверка и сушка выемной части трансформатора перед сборкой	122
§ 8. Испытания трансформаторов после ремонта	124
§ 9. Техника безопасности при выполнении ремонтных работ и испытаний силовых трансформаторов	127
Контрольные вопросы	128
<i>Лабораторная работа 6</i>	
Послеремонтные испытания трансформаторов	128
Практические занятия	129
Глава VII. Эксплуатация электрических машин	130
§ 1. Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний при вводе в эксплуатацию электрических машин	130
§ 2. Пуск электрических машин	131
§ 3. Контроль нагрузки и температуры нагрева электрических машин	134
§ 4. Способы сушки изоляции обмоток электрических машин	137
§ 5. Эксплуатация токособирательных устройств и подшипников электрических машин	141
§ 6. Работа электрических машин при ненормальных режимах	145
§ 7. Неисправности, возникающие в процессе эксплуатации электрических машин, и их устранение	146
§ 8. Техническое обслуживание электрических машин, находящихся в эксплуатации	150
§ 9. Особенности эксплуатации электродвигателей погружных насосов и синхронных генераторов резервных и передвижных электростанций	155
§ 10. Техника безопасности при эксплуатации электрических машин	157
Контрольные вопросы	158
<i>Лабораторная работа 7</i>	
Проверка асинхронных электродвигателей перед вводом в эксплуатацию	158
<i>Лабораторная работа 8</i>	
Установка щеток машин постоянного тока на геометрическую нейтраль	159
Глава VIII. Ремонт электрических машин	160
§ 1. Виды ремонта электрических машин и сроки их проведения	160
§ 2. Объем текущего и капитального ремонтов	160
§ 3. Прием электрических машин в ремонт	161
§ 4. Разборка электрических машин и выявление неисправностей	162
§ 5. Выемка и намотка обмоток	164
§ 6. Ремонт электромеханической части электродвигателя	167
§ 7. Испытания электрических машин после ремонта	171
§ 8. Документация по ремонту электрических машин	177
§ 9. Техника безопасности при проведении ремонтных работ	178
Контрольные вопросы	178

Лабораторная работа 9	
Дефектация асинхронного двигателя	179
Лабораторная работа 10	
Испытание асинхронного электродвигателя после ремонта	180
Глава IX. Эксплуатация пусковой, защитной, регулирующей аппаратуры и распределительных устройств напряжением до 1000 В	181
§ 1. Объем и нормы испытаний аппаратов напряжением до 1000 В перед пуском	181
§ 2. Эксплуатация распределительных устройств, пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В	195
§ 3. Техника безопасности при обслуживании аппаратуры и распределительных устройств напряжением до 1000 В	200
Контрольные вопросы	201
Лабораторная работа 11	
Определение неисправностей в аппаратуре и их устранение	202
Лабораторная работа 12	
Регулировка защитной аппаратуры	202
Глава X. Ремонт пусковой, защитной, регулирующей аппаратуры и распределительных устройств напряжением до 1000 В	204
§ 1. Повреждение пусковой и регулирующей аппаратуры	204
§ 2. Ремонт пусковой и защитной аппаратуры напряжением до 1000 В	206
§ 3. Сроки и объем ремонта распределительных устройств напряжением до 1000 В	214
§ 4. Послеремонтные испытания аппаратуры распределительных устройств напряжением до 1000 В	216
§ 5. Техника безопасности при работе в распределительном устройстве напряжением до 1000 В	217
Контрольные вопросы	218
Лабораторная работа 13	
Ремонт и наладка магнитных пускателей	218
Глава XI. Эксплуатация средств автоматизации установок	220
§ 1. Общие положения	220
§ 2. Основные вероятные очаги неисправностей. Классификация неисправностей	221
§ 3. Обслуживание устройств автоматизации	222
§ 4. Техника безопасности при эксплуатации средств автоматизации установок	230
Контрольные вопросы	231
Лабораторная работа 14	
Электромагнитные элементы автоматики	232
Глава XII. Эксплуатация и ремонт внутренних проводок и электроустановок специального назначения	235
§ 1. Внутренние проводки	235
§ 2. Нагревательные установки	237
§ 3. Облучающие установки	239
§ 4. Сварочные трансформаторы и трансформаторы безопасности	240
§ 5. Электрический инструмент	241

§ 6. Электроремонтные работы в парниках, теплицах, установках микроклимата животноводческих и других помещений	242
§ 7. Эксплуатация передвижных электрифицированных машин и электроустановок	244
§ 8. Заземляющие устройства потребительских установок	245
§ 9. Измерение сопротивления цепи фаза — нуль	246
§ 10. Основные мероприятия по технике безопасности при обслуживании потребительских электроустановок	247
Контрольные вопросы	248
<i>Лабораторная работа 15</i>	
Измерение сопротивления петли фаза — нуль	249
<i>Лабораторная работа 16</i>	
Определение неисправностей в специальных установках и их устранение	249
Глава XIII. Эксплуатация аккумуляторов	250
§ 1. Щелочные аккумуляторы	250
§ 2. Кислотные аккумуляторы	253
§ 3. Техника безопасности при обслуживании аккумуляторов	258
Контрольные вопросы	259
Глава XIV. Ремонт электрооборудования автомобилей, тракторов и комбайнов	260
§ 1. Характерные неисправности прибора системы зажигания и их устранение	260
§ 2. Характерные неисправности генераторов, стартеров, реле-регуляторов и их устранение	261
§ 3. Проверка контрольно-измерительных приборов	262
§ 4. Неисправности электронной системы зажигания	264
§ 5. Типовое оборудование для контроля и регулировки электрооборудования	265
§ 6. Техника безопасности при проведении ремонтных работ	266
Контрольные вопросы	266
<i>Лабораторная работа 17</i>	
Выявление неисправностей в системе автотракторного электрооборудования (АТЭ)	267
Глава XV. Работа с персоналом предприятий. Аварии в электрических установках, их предупреждение и устранение	268
§ 1. Обучение и проверка знаний эксплуатационных работников	268
§ 2. Противоаварийные тренировки	270
§ 3. Права и обязанности эксплуатационного персонала	271
§ 4. Аварии в электроустановках и меры борьбы с ними	275
Контрольные вопросы	278
<i>Лабораторная работа 18</i>	
Разбор аварийного состояния на электроустановке и составление отчета об аварии	278
Глава XVI. Рационализация эксплуатации электроустановок и эксплуатация конденсаторных установок	279
§ 1. Повышение надежности электроснабжения	279

§ 2. Потери электрической энергии и мероприятия по их снижению	280
§ 3. Потери электрической энергии у потребителей и мероприятия по повышению эффективности ее использования	283
§ 4. Коэффициент мощности и способы его улучшения	286
§ 5. Схемы включения конденсаторных батарей	292
§ 6. Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний при вводе в эксплуатацию установок для повышения коэффициента мощности ($\cos \varphi$)	294
§ 7. Эксплуатация конденсаторных батарей	294
§ 8. Техника безопасности при обслуживании конденсаторных установок	296
Контрольные вопросы	297
Указатель литературы	298

*Алексей Андреевич Пястолов, Александр Леонидович Вахрамеев,
Сергей Александрович Ермолаев, Александр Александрович Большаков,
Роберт Леонидович Филиппов, Василий Михайлович Булаев.*

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Редактор В. М. Никитина
Художественный редактор М. Я. Волкова
Технические редакторы В. М. Деева, Л. Н. Никитина
Корректор А. В. Пригарина

Сдано в набор 10/II 1976 г. Подписано к печати 4/VI 1976 г. Формат 84×108^{1/2}.
Бумага тип. № 1. Усл.-печ. л. 15,96. Уч.-изд. л. 16,13. Изд. № 340.
Тираж 60.000 экз. Заказ № 495. Цена 66 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос»,
103716, ГСП, Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19

Владимирская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
600610. Гор. Владимир, ул. Победы, д. 18-б.